SYSTÈME SOLAIRE

BRUNO LECIGNE

FEDERICO DALLOCCHIO

SATURNE

LE GARDIEN DES ANNEAUX

Glénat | Observatoire de Paris | PSL

SYSTÈME SOLAIRE

SATURNE

LE GARDIEN DES ANNEAUX

SCÉNARIO
BRUNO LECIGNE

DESSIN
FEDERICO DALLOCCHIO

COULEUR
FLAVIA DE VITA
(ARANCIA STUDIO)

Glénat | Observatoire de Paris | PSL

PRÉFACE

Déserts brûlants criblés de cicatrices d'impacts de météorites, volcans de glace ou de composés soufrés, océans cachés sous d'épaisses banquises, anticyclones plus grands que la Terre… Les huit planètes du système solaire et leurs lunes présentent une fascinante diversité. Partez à leur découverte avec les chercheurs de l'Observatoire de Paris - PSL: les meilleurs guides qui soient, puisque cela fait plus de 350 ans que l'Observatoire, désormais implanté sur trois sites - Paris, Meudon et Nançay - étudie le Soleil et le Système solaire.

À Paris, le premier directeur de l'Observatoire, Jean-Dominique Cassini, a ainsi découvert quatre satellites de Saturne et dans l'anneau qui entoure la planète, une division qui porte maintenant son nom. En 1846, Urbain Le Verrier a découvert la planète Neptune. Et c'est la grande lunette de Meudon qui, au début du XXe siècle, a permis de réfuter l'hypothèse des canaux martiens.

Au XXIe siècle, l'exploration spatiale a pris le relais ; l'Observatoire de Paris - PSL invente des instruments pour les grandes missions spatiales de la NASA comme le rover martien Perseverance, mais aussi de l'ESA avec JUICE qui est en route vers Jupiter, depuis avril 2023. Une exploration spatiale qui nous a appris que, dans le Système solaire, notre Terre est la seule planète habitable pour les humains : ce minuscule point bleu qu'est notre planète vue depuis les sondes spatiales qui explorent les confins du système solaire, est vraiment unique.

Bon voyage donc, en compagnie de nos chercheurs : ils seront vos guides au long des visites de ces mondes extraordinaires, organisées par Bruno Lecigne et mises en images par les talentueux dessinateurs des albums de la collection Système solaire !

Fabienne Casoli
Présidente de l'Observatoire de Paris - PSL

L'éditeur tient à remercier les astrophysiciens et astrophysicienne
à l'Observatoire de Paris - Université Paris Sciences et Lettres pour leur participation :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM,
Laurent LAMY, Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.

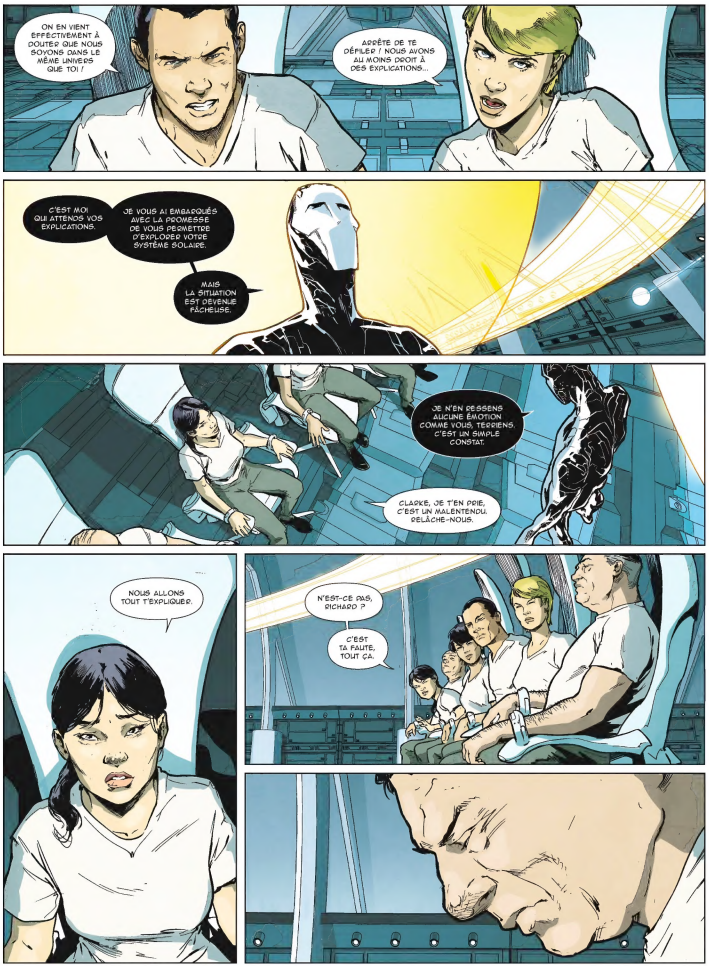
Lettrage : Fanny HURTREL
Concept général : Christian BLONDEL

© 2024 éditions Glénat - Couvent Sainte-Cécile - 37 rue Servan - 38000 Grenoble.
Tous droits réservés pour tous pays. Dépôt légal : octobre 2024. 978-2-344-06059-9 / 001
Achevé d'imprimer en Belgique en septembre 2024 par Deltabie S.A.,
sur papier provenant de forêts gérées de manière durable.

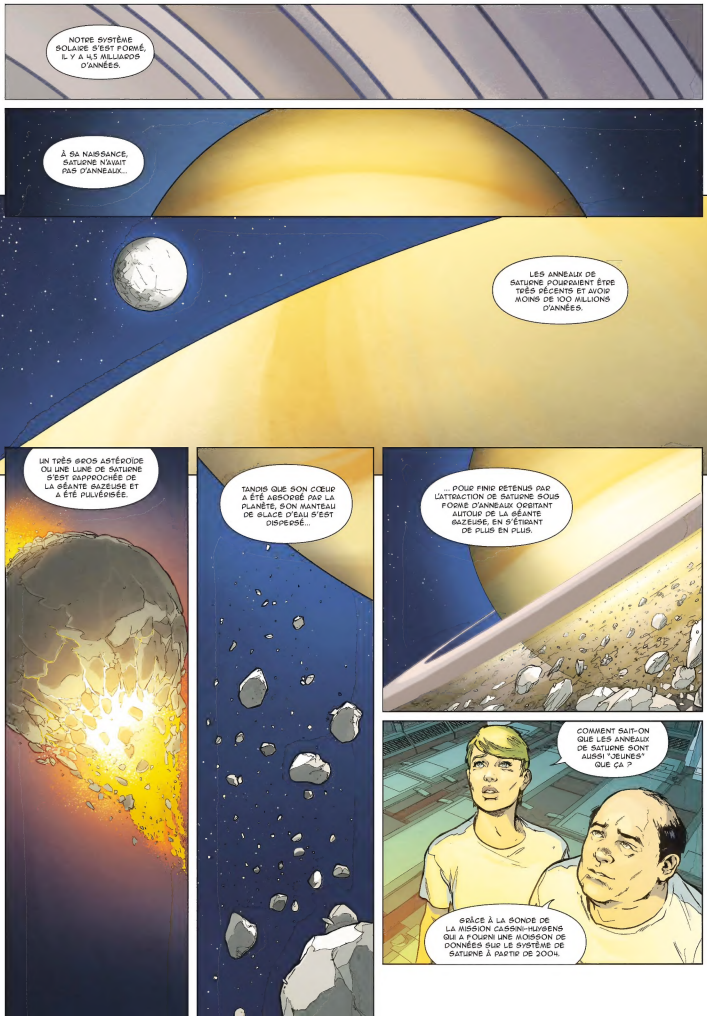
PEFC PEFC/07-31-234

CLARKE, C'EST RIDICULE. ENFIN..
LIBÈRE-NOUS TOUT DE SUITE.

C'EST INVRAISEMBLABLE, CLARKE ! QUELLE MOUCHE T'A PIQUÉ ?
ON PEUT AU MOINS SAVOIR CE QUI NOUS VAUT CE TRAITEMENT ?
JE NE COMPRENDS PAS, TERRIENNE JENNA-KHONSHIT. MOUCHE ?
TON COMPORTEMENT A CHANGÉ BRUSQUEMENT ET SANS EXPLICATIONS. TU NOUS PETIENS COMME SI NOUS REPRÉSENTIONS UN DANGER POUR TOI.
ET CE N'EST PAS LE CAS ?
MAIS BIEN SÛR QUE NON, JENNA A RAISON, C'EST INVRAISEMBLABLE.
DANS MA CIVILISATION, RIEN N'EST INVRAISEMBLABLE, TERRIEN ANDREW-MURRAY. AU CONTRAIRE. TOUT EST PROBABLE. DANS UN UNIVERS OU UN AUTRE.


ON EN VIENT EFFECTIVEMENT À DOUTER QUE NOUS SOYONS DANS LE MÊME UNIVERS QUE TOI !
ARRÊTE DE TE DÉFILER ! NOUS AVONS AU MOINS DROIT À DES EXPLICATIONS...
C'EST MOI QUI ATTENDS VOS EXPLICATIONS.
JE VOUS AI EMBARQUÉS AVEC LA PROMESSE DE VOUS PERMETTRE D'EXPLORER VOTRE SYSTÈME SOLAIRE.
MAIS LA SITUATION EST DEVENUE FÂCHEUSE.
JE N'EN DESSENS AUCUNE ÉMOTION COMME VOUS, TERRIENS. C'EST UN SIMPLE CONSTAT.
CLARKE, JE T'EN PRIE, C'EST UN MALENTENDU. RELÂCHE-NOUS.
NOUS ALLONS TOUT T'EXPLIQUER.
N'EST-CE PAS, RICHARD ?
C'EST TA FAUTE, TOUT ÇA.

QUELQUES HEURES SIDÉRALES PLUS TÔT...
TEDDIENS, NOUS APPROCHONS DE SATURNE... JE VOUS ATTENDS DANS LA GRANDE SALLE.
ENFIN ! QUEL SPECTACLE ! QUELLE MERVEILLE !
YANS, J'AI BESOIN DE TOI, TU VEUX BIEN VENIR ?
ATTENDS, JE NE VEUX PAS RATER ÇA.
QUELLE EST L'HISTOIRE DE CES ANNEAUX ? ILS SONT BEAUCOUP PLUS RÉCENTS QU'ON NE LE CROIT...
EN EFFET, YANS, C'EST CE QUE NOUS PENSIONS, MAIS GRÂCE À CLARKE, MAINTENANT, NOUS ALLONS POUVOIR VÉRIFIER TOUT CELA...


NOTRE SYSTÈME SOLAIRE S'EST FORMÉ, IL Y A 4,5 MILLIARDS D'ANNÉES.
À SA NAISSANCE, SATURNE N'AVAIT PAS D'ANNEAUX...
LES ANNEAUX DE SATURNE POURRAIENT ÊTRE TRÈS RÉCENTS ET AVOIR MOINS DE 100 MILLIONS D'ANNÉES.
UN TRÈS GROS ASTÉROÏDE OU UNE LUNE DE SATURNE S'EST RAPPROCHÉE DE LA GÉANTE GAZEUSE ET A ÉTÉ PULVÉRISÉE.
TANDIS QUE SON CŒUR A ÉTÉ ABSORBÉ PAR LA PLANÈTE, SON MANTEAU DE GLACE D'EAU S'EST DISPERSÉ...
... POUR FINIR RETENUS PAR L'ATTRACTION DE SATURNE SOUS FORME D'ANNEAUX ORBITANT AUTOUR DE LA GÉANTE GAZEUSE, EN S'ÉTIRANT DE PLUS EN PLUS.
COMMENT SAIT-ON QUE LES ANNEAUX DE SATURNE SONT AUSSI "JEUNES" QUE ÇA ?
GRÂCE À LA SONDE DE LA MISSION CASSINI-HUYGENS QUI A POSÉ UNE MOISSON DE DONNÉES SUR LE SYSTÈME DE SATURNE À PARTIR DE 2004.

C'EST BON, MAINTENANT ? VIENS, JE T'ASSURE QUE C'EST IMPORTANT.

C'EST LE BON MOMENT, ON NE S'APERCEVRA PAS DE NOTRE ABSENCE.

D'ACCORD, MAIS POURQUOI MAINTENANT ?
CHUT ! ESSAYONS DE NE PAS NOUS FAIRE REMARQUER.

MAIS POURQUOI, QU'EST-CE QUE TU MIJOTES ?

FAIS-MOI CONFIANCE. ENTRONS LÀ, VITE.

QU'EST-CE QU'ON FAIT LÀ ? QU'EST-CE QUE TU ATTENDS DE MOI ?
J'AI BESOIN DE TES TALENTS.

PENDANT CE TEMPS-LÀ...
SATURNE EST LA SIXIÈME PLANÈTE DU SYSTÈME SOLAIRE ET LA DEUXIÈME GÉANTE GAZEUSE, EN TAILLE ET EN MASSE, APRÈS JUPITER.
NEPTUNE
URANUS
SATURNE
JUPITER
DEUX AUTRES PLANÈTES NOUS EMMÈNENT AUX CONFINS DE NOTRE SYSTÈME SOLAIRE : URANUS ET NEPTUNE.
NOUS SOMMES À MOINS DE 1,4 MILLIARD DE KILOMÈTRES DE LA TERRE. C'EST UNE MOYENNE, CAR SATURNE ÉVOLUE AUTOUR DU SOLEIL À UNE VITESSE ET SUR UNE ORBITE DIFFÉRENTES DE LA TERRE.
CELA SIGNIFIE QUE LA DISTANCE TERRE-SATURNE N'EST PAS TOUJOURS LA MÊME.
LA DISTANCE TERRE-SATURNE DÉPEND DE LA POSITION RELATIVE DES DEUX PLANÈTES AUTOUR DU SOLEIL. ELLE PEUT VARIER DE PLUS DE 1000 MILLIONS DE KILOMÈTRES L'UNE PAR RAPPORT À L'AUTRE.
SOLEIL
TERRE
SATURNE

JE SUIS CURIEUX DE COMPRENDRE QUELLE EST LA TECHNOLOGIE DE LA CIVILISATION DE CLARKE.
POUR ÇA, PAS D'AUTRE CHOIX QUE D'OUVRIR LE VENTRE DE CERTAINS APPAREILS.

POUR NOS SAVANTS, CELA PERMETTRAIT DE FAIRE UN SAUT D'UN SIÈCLE OU PLUS, PEUT-ÊTRE...
JE T'EN PRIE, YANG. AIDE-MOI. C'EST UNE MISSION ESSENTIELLE POUR NOTRE CIVILISATION.

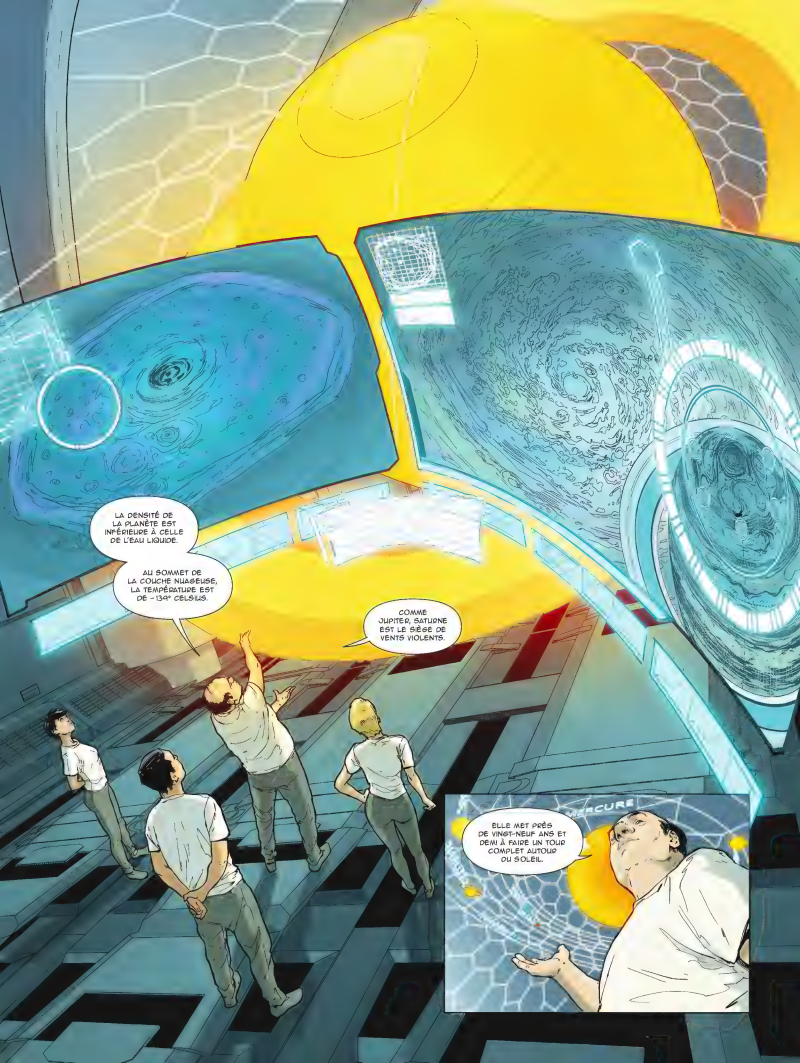
IL FAUT QUE TU TROUVES UN MOYEN DE DÉMONTER CET ÉCRAN.

QU'EST-CE QUE TU CHERCHES À FAIRE, RICHARD ? QUI TA CONFIÉ CETTE PRÉTENDUE MISSION ? PAS LA CHINE, EN TOUT CAS.
EN CE QUI ME CONCERNE, PAS QUESTION DE TRAHIR LA CONFIANCE DE CLARKE.

QU'EST-CE QUI COMPTE LE PLUS POUR TOI ? TU NE TRAHIS PAS CLARKE, TU ES AVANT TOUT LOYALE ENVERS TON ESPÈCE.

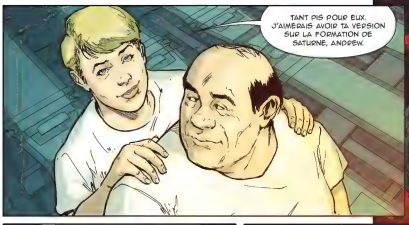
LÂCHE-MOI ! FAIS CE QUE TU VEUX, MAIS SANS MOI !

OÙ SONT PASSÉS RICHARD ET YANG ?
ON SE POSE PLUS SOUVENT LA QUESTION POUR FRANCESCA ET TOI.
MAIS... COMMENT TU SAIS ?
TU DEVRAIS PRENDRE DES LEÇONS DE DISCRÉTION AVEC RICHARD ET YANG !
SATURNE EST LA PLANÈTE LA PLUS APLATIE ET LA MOINS DENSE DU SYSTÈME SOLAIRE. ELLE EST COMPOSÉE À 96 % DES GAZ LES PLUS LÉGERS DE L'UNIVERS : DE L'HYDROGÈNE ET UN PEU D'HÉLIUM.
L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE EST GAZEUSE, MAIS PLUS PROFOND, L'HYDROGÈNE ET L'HÉLIUM SE LIQUÉFIENT, COMME DU MÉTAL FONDU.
AU CENTRE, ON TROUVE UN CŒUR SOLIDE, PLUS OU MOINS COMPACT, D'ÉLÉMENTS LOURDS.


LA DENSITÉ DE LA PLANÈTE EST INFÉRIEURE À CELLE DE L'EAU LIQUIDE.
AU SOMMET DE LA COUCHE NUAGEUSE, LA TEMPÉRATURE EST DE -134° CELSIUS.
COMME JUPITER, SATURNE EST LE SIÈGE DE VENTS VIOLENTS.
SECURE
ELLE MET PRÈS DE VINGT-NEUF ANS ET DEMI À FAIRE UN TOUR COMPLET AUTOUR DU SOLEIL.

TERRIENS, JE VOUS DEMANDE DE NE TOUCHER À RIEN.
CLARKE, CE N'EST PAS CE QUE TU CROIS.
INUTILE, YANS, IL A TRÈS BIEN COMPRIS...
SIMPLE CURIOSITÉ DE NOTRE PART, CLARKE. NOUS N'ABÎMERONS PAS ENDOMMAGÉ LE MATÉRIEL, DE TOUTE FAÇON...
JE COMPRENDS QUE TU SOIS SURPRIS OU MÊME FÂCHÉ P' MAIS TU SAIS, NOUS SOMMES DES TERRIENS...
ET EN PLUS, NOUS SOMMES DES SCIENTIFIQUES... DOUBLE RAISON POUR AIMER FOUILLER DANS CE QUE NOUS NE COMPRENONS PAS...

CLARKE EST PARTI ? YANG ET RICHARD AUSSI ?


TANT PIS POUR EUX. J'AIMERAIS AVOIR TA VERSION SUR LA FORMATION DE SATURNE, ANDREW.

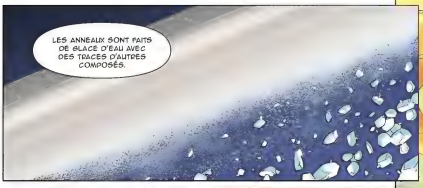
SA FORMATION REMONTE AUX ORIGINES MÊME DE NOTRE SYSTÈME. IL Y A UN PEU MOINS DE 5 MILLIARDS D'ANNÉES, QUAND NOTRE SOLEIL S'ALLUME AU SEIN D'UN NUAGE DE GAZ ET DE POUSSIÈRES QUI S'EFFONDRE SUR LUI-MÊME.

LES RÉACTIONS NUCLÉAIRES AU CŒUR DU SOLEIL PROVOQUENT UNE ÉLÉVATION EXTRAORDINAIRE DE TEMPÉRATURE.
ET AUTOUR DE LUI, UN IMMENSE NUAGE PROTOPLANÉTAIRE OÙ DES COLLISIONS ENTRAÎNENT LA FORMATION DES PLANÈTES.

PLUS PRÈS DU SOLEIL, OÙ IL FAIT LE PLUS CHAUD, CE SONT LES PLANÈTES ROCHEUSES QUI SE FORMENT, COMPOSÉES DE MATÉRIAUX RÉFRACTAIRES, SILICATES OU MÉTAUX.

DÈS QU'ON S'ÉLOIGNE, LES TEMPÉRATURES DÉSORMAIS ÉLEVÉES DÉSORMAIS ET LES ÉLÉMENTS SE CONDENSENT SOUS FORME DE GLACE.
LES PREMIERS NOYAUX PLANÉTAIRES QUI SE FORMENT SONT PLUS MASSIFS ET LES GÉANTS COMME SATURNE ATTIRENT ALORS LES GRANDES QUANTITÉS DISPONIBLES DE GAZ POUR PRENDRE AU FINAL DES PROPORTIONS PHÉNOMÉNALES.

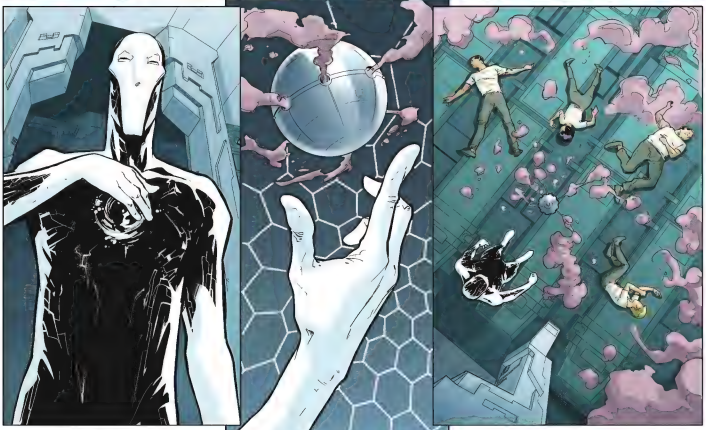
LES ANNEAUX DE SATURNE SONT EN FAIT COMPOSÉS D'UNE MULTITUDE D'ANNEAUX DISTINCTS LES UNS DES AUTRES.
ILS SONT DE TAILLE ET D'ÉPAISSEUR VARIABLES ET LEUR COMPOSITION DIFFÈRE AUSSI, C'EST POURQUOI ILS SONT DE COULEURS DIFFÉRENTES.


LES ANNEAUX SONT FAITS DE GLACE D'EAU AVEC DES TRACES D'AUTRES COMPOSÉS.

LEURS GRAINS PEUVENT ÊTRE D'UNE TAILLE INFIME JUSQU'À PLUSIEURS DIZAINES DE MÈTRES.

LES ANNEAUX TOURNENT AUTOUR DE SATURNE : LES PLUS PROCHES FONT UNE RÉVOLUTION COMPLÈTE EN SIX À HUIT HEURES, LES PLUS ÉLOIGNÉS EN DOUZE À QUATORZE HEURES.
SANS CETTE RÉVOLUTION ORBITALE ET LA FORCE CENTRIFUGE, LES ANNEAUX NE POURRAIENT SE MAINTENIR, ILS DISPARAÎTRAIENT, AVALÉS PAR SATURNE.

NOUS COMMENÇIONS À NOUS DEMANDER OÙ TU ÉTAIS PASSÉ.



OOH, MA TÊTE !
NOUS SOMMES PRISONNIERS...
QUE... QUE S'EST-IL PASSÉ ?
POURQUOI VOUS AVEZ FAIT ÇA ? VOUS RÉALISEZ DANS QUELLE SITUATION VOUS NOUS AVEZ PLONGÉS ?
TU NE PEUX PAS TOUS NOUS TRAITER DE LA MÊME FAÇON, CLARKE.
NOUS NE SOMMES PAS COMME TOI : CHEZ NOUS, C'EST L'INDIVIDUALISME QUI PRIME. NOUS NE SAVIONS RIEN DES MANIGANCES DE RICHARD.
JE TE CROIS, TERRIENNE FRANCESCA-BALDINI. MAIS...
MÊME SI CELÀ VIENT D'UN SEUL D'ENTRE VOUS, LES ACCORDS PASSÉS NE SONT PAS RESPECTÉS.
MAINTENANT, CLARKE, ÇA SUFFIT ! DIS-NOUS QUELLES SONT TES INTENTIONS ? EST-CE QUE NOTRE VIE EST MENACÉE ? EST-CE QUE TU VAS NOUS AMENER SUR TERRE ?
CHE DISGRAZIA. ON DIRAIT QU'IL RÉFLÉCHIT AU SORT FUNESTE QU'IL NOUS RÉSERVE !

CLARKE, JE SUIS LE SEUL RESPONSABLE. JE VAIS TE DIRE LA VÉRITÉ, MAIS ÉPARGNE LES AUTRES... MON GOUVERNEMENT M'A DEMANDÉ DE RÉUNIR LE PLUS DE DONNÉES POSSIBLES SUR TA TECHNOLOGIE. JE SUIS DÉSOLÉ LES AUTRES NE LE SAVAIENT PAS.

BASTARDO ! STRONZO !

TU LE SAVAIS, TOI, NON ?

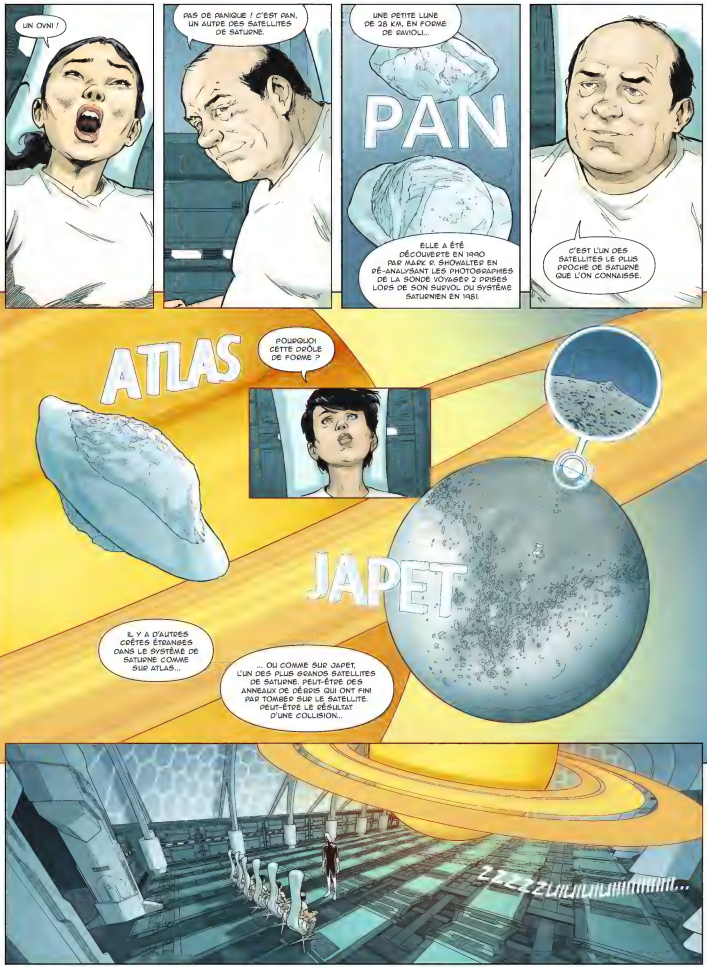
JE TE JURE QUE NON. DE MON CÔTÉ, MON GOUVERNEMENT M'A DONNÉ DES CONSIGNES DE STRICTE COLLABORATION AVEC CLARKE, RIEN D'AUTRE.

TERRIENS, EN DÉCOUVRANT MON VAISSEAU, VOUS AVEZ SAUVÉ, DANS MA CIVILISATION, UNE ACTION COMME LA VÔTRE DOIT CORRESPONDRE À UNE ACTION DE MA PART ENVERS VOTRE ESPÈCE.

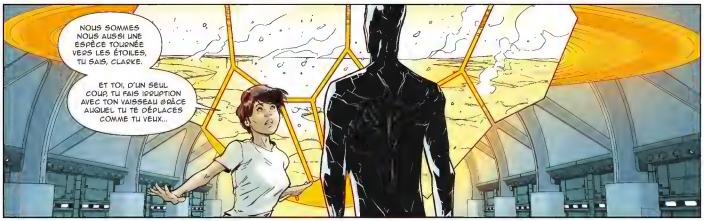
C'EST LA RAISON DE VOTRE VOYAGE. IL PEUT PRENDRE FIN À TOUT MOMENT. IL ÉTAIT ENTENDU QUE VOUS N'AURIEZ PAS ACCÈS À MA TECHNOLOGIE.

CETTE RESTRICTION EST DUE AUX PRINCIPES DE MA CIVILISATION QUI, DÈS QU'ELLE A EU ACCÈS AUX VOYAGES DANS L'UNIVERS, N'EST INTERDIT D'INTERVENIR DANS L'ÉVOLUTION DE TOUTE ESPÈCE INTELLIGENTE SI NOUS DEVIONS EN RENCONTRER AU COURS DE NOS VOYAGES.

JE COMPRENDS, CLARKE. JE LE SAIS TRÈS BIEN.
C'EST VRAI, JE NE T'AI PAS DIT QUE J'AVAIS POUR MISSION DE T'ESPIONNER.
MAIS TOI NON PLUS, TU NE NOUS AS PAS TOUT DIT.
PAR EXEMPLE, QU'UN SECOND VAISSEAU ÉTAIT PEUT-ÊTRE CACHÉ DANS LE SYSTÈME SOLAIRE ET QUE TU LE RECHERCHERAIS PENDANT NOTRE EXPÉDITION.
RICHARD N'A PAS TORT, CLARKE. TU N'ES PAS UN MODÈLE DE TRANSPARENCE, TOI NON PLUS.
JE PROPOSE QU'ON OUBLIE L'INCIDENT.
PUISQUE RICHARD EST DÉMASQUÉ, IL EST EN MÊME TEMPS NEUTRALISÉ. NE PEUT-ON POURSUIVRE L'EXPLORATION COMME AVANT ?
OH ! REGARDEZ ! MAMMA MIA ! UN DAVOLI VOLANT !


UN OVNI !
PAS DE PANIQUE ! C'EST PAN, UN AUTRE DES SATELLITES DE SATURNE.
UNE PETITE LUNE DE 28 KM, EN FORME DE RAVIOLI...
PAN
ELLE A ÉTÉ DÉCOUVERTE EN 1990 PAR MARK R. SHOWALTER EN RÉ-ANALYSANT LES PHOTOGRAPHIES DE LA SONDE VOYAGER 2 PRISES LORS DE SON SURVOL DU SYSTÈME SATURNIEN EN 1981.
C'EST L'UN DES SATELLITES LE PLUS PROCHE DE SATURNE QUE L'ON CONNAISSE.
ATLAS
POURQUOI CETTE DRÔLE DE FORME ?
JAPET
IL Y A D'AUTRES CRÊTES ÉTRANGES DANS LE SYSTÈME DE SATURNE COMME SUR ATLAS...
... OU COMME SUR JAPET, L'UN DES PLUS GRANDS SATELLITES DE SATURNE. PEUT-ÊTRE DES ANNEAUX DE DÉBRIS QUI ONT FINI PAR TOMBER SUR LE SATELLITE. PEUT-ÊTRE LE RÉSULTAT D'UNE COLLISION..
ZZZZZUUU

ZZZZZZUUU


NOUS SOMMES NOUS AUSSI UNE ESPÈCE TOURNÉE VERS LES ÉTOILES, TU SAIS, CLARKE.
ET TOI, D'UN SEUL COUP TU FAIS IRRUPTION AVEC TON VAISSEAU BÂTON AUQUEL TU TE DÉPLACES COMME TU VEUX...

C'EST VRAIMENT COMME SI TU OUVRAIS UN POT DE MIEL DEVANT UNE FAMILLE D'OURS...

PODEMIEL ?

TU NE PEUX PAS NOUS EMPÊCHER D'AVOIR UNE CURIOSITÉ FOLLE, UNE ENVIE DE COMPRENDRE DEUX-TROIS CHOSES QUI NOUS AIDERAIENT À ACCOMPLIR CE QUE NOUS CONSIDÉRONS COMME NOTRE DESTIN...
... VIVRE DANS L'ESPACE.

NOUS SOMMES MÊME QUELQUES-UNS, COMME MOI, À VIVRE DÉJÀ PARTIELLEMENT DANS L'ESPACE.

S'AFFRANCHIR DU TEMPS ET DES DISTANCES, SE PROTÉGER DES RAYONNEMENTS MORTELS OU DES TEMPÉRATURES ABYSSALES...
C'EST UN TEL RÊVE POUR L'HUMANITÉ, TU PEUX COMPRENDRE QUE LA TENTATION ÉTAIT TROP FORTE.

TU N'ES PAS DIEU ET NOUS NE SOMMES PAS ADAM ET EVE QUI ONT CUEILLI LA POMME DE L'ARBRE DE LA CONNAISSANCE.
TU NE NOUS CHASSERAS PAS DU JARDIN D'EDEN.

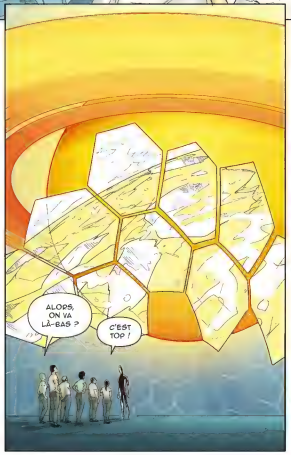
JE NE COMPRENDS RIEN À CE QUE TU DIS TERRIENNE FRANCESCA-BALDINI.

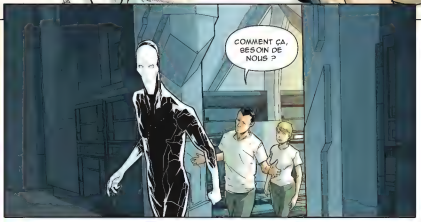
POURQUOI TU NOUS AS TOUS LIBÉRÉS D'UN COUP ? TU PASSES L'ÉPONGE ?
L'ÉPONGE ?

J'AI BESOIN DE VOUS POUR TROUVER LE VAISSEAU ÉCHOUÉ SUR TITAN.

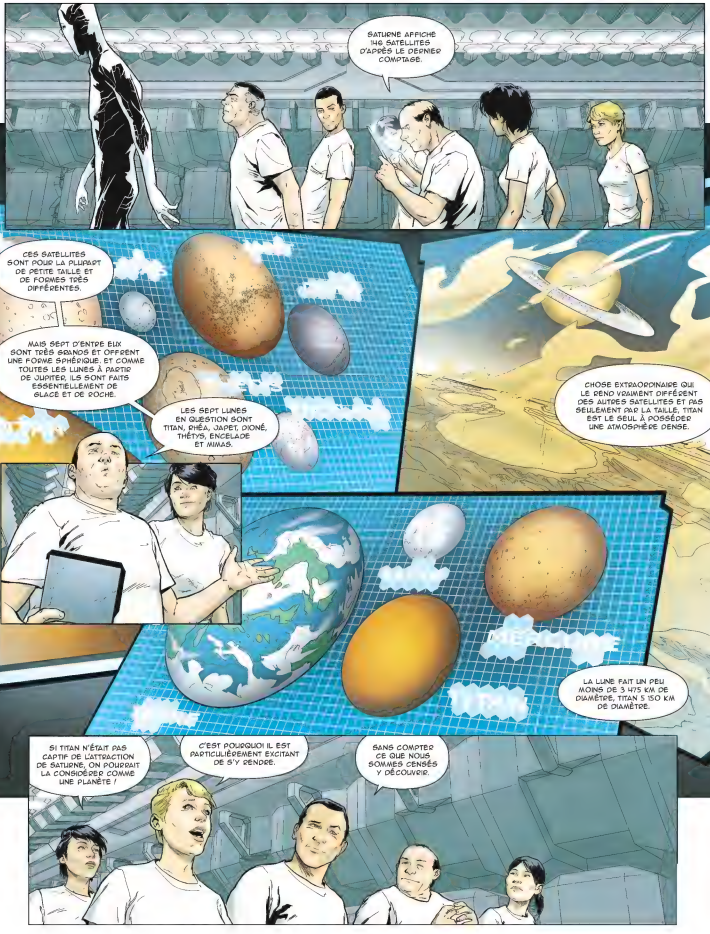
TU NE NOUS EN VEUX PLUS ?

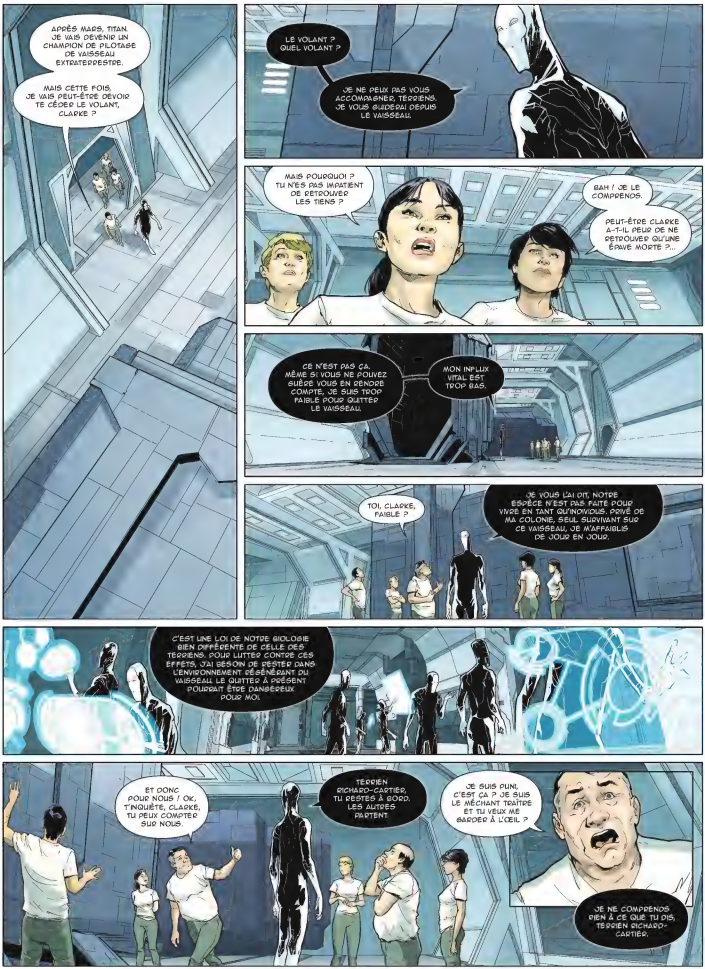
OU PLUTÔT, POUR S'EN APPROCHER ET Y ENTRER.


ALORS, ON VA LÀ-BAS ?
C'EST TOP !

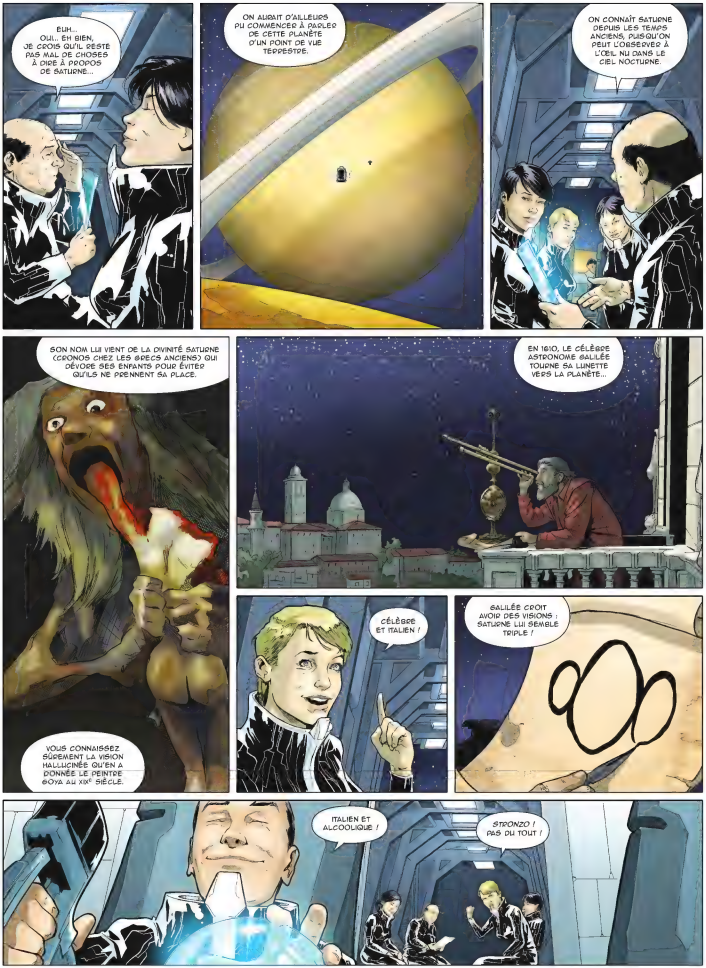

COMMENT ÇA, BESOIN DE NOUS ?

PUISQU'ON DOIT Y ALLER, TU PEUX NOUS DIRE CE QUE TU SAIS SUR TITAN, ANDREW ?


SATURNE AFFICHE 146 SATELLITES D'APRÈS LE DERNIER COMPTAGE.
CES SATELLITES SONT POUR LA PLUPART DE PETITE TAILLE ET DE FORMES TRÈS DIFFÉRENTES.
MAIS SEPT D'ENTRE EUX SONT TRÈS GROSSES ET OFFRENT UNE FORME SPHÉRIQUE, ET COMME TOUTES LES LUNES À PARTIR DE JUPITER, ILS SONT FAITS ESSENTIELLEMENT DE GLACE ET DE ROCHE.
LES SEPT LUNES EN QUESTION SONT TITAN, PHÉBÉ, JAPET, DIONÉ, THÉTYS, ENCELADE ET MIMAS.
CHOSE EXTRAORDINAIRE QUE LE DEND VOUMENT DIFFÉRENT DES AUTRES SATELLITES ET PAS SEULEMENT DÛ LA TAILLE, TITAN EST LE SEUL À POSSÉDER UNE ATMOSPHÈRE DENSE.
LA LUNE FAIT UN PEU MOINS DE 3 475 KM DE DIAMÈTRE, TITAN 5 150 KM DE DIAMÈTRE.
SI TITAN N'ÉTAIT PAS CAPTIF DE L'ATTRACTION DE SATURNE, ON POURRAIT LA CONSIDÉRER COMME UNE PLANÈTE !
C'EST POURQUOI IL EST PARTICULIÈREMENT EXCITANT DE S'Y RENDRE.
SANS COMPTER CE QUE NOUS SOMMES CENSÉS Y DÉCOUVRIR.


APRÈS MARS, TITAN, JE VAIS DEVENIR UN CHAMPION DE PILOTAGE DE VAISSEAU EXTRATERRESTRE.
MAIS CETTE FOIS, JE VAIS PEUT-ÊTRE DEVOIR TE CÉDER LE VOLANT, CLARKE ?
LE VOLANT ? QUEL VOLANT ?
JE NE PEUX PAS VOUS ACCOMPAGNER, TERRIENS. JE VOUS SUIVRAI DEPUIS LE VAISSEAU.
MAIS POURQUOI ? TU N'ES PAS IMPATIENT DE RETROUVER LES TIENS ?
BAH ! JE LE COMPRENDS.
PEUT-ÊTRE CLARKE A-T-IL PEUR DE NE RETROUVER QU'UNE TERRE MORTE ?...
CE N'EST PAS ÇA, MÊME SI VOUS NE POUVEZ SUBIR VOUS EN DEHORS COMPTE, JE SUIS TROP FAIBLE POUR QUITTER LE VAISSEAU.
MON INFLUX VITAL EST TROP BAS.
TOI, CLARKE, FAIBLE ?
JE VOUS L'AI DIT, NOTRE ESPÈCE N'EST PAS FAITE POUR VIVRE EN TANT QU'INDIVIDUS. POUR DE MA COLONIE, SEUL SURVIVANT SUR CE VAISSEAU, JE M'AFFAIBLIS DE JOUR EN JOUR.
C'EST UNE LOI DE NOTRE BIOLOGIE BIEN DIFFÉRENTE DE CELLE DES TERRIENS. POUR LUTTER CONTRE CES EFFETS, J'AI BESOIN DE RESTER DANS L'ENVIRONNEMENT DÉSENGRENANT DU VAISSEAU. LE QUITTER À PRÉSENT POURRAIT ÊTRE DANGEREUX POUR MOI.
ET DONC POUR NOUS ? OK, TRANQUILLE, CLARKE, TU PEUX COMPTER SUR NOUS.
TERRIEN RICHARD-CARTIER, TU RESTES À BORD. LES AUTRES PARTENT.
JE SUIS PUNI, C'EST ÇA ? JE SUIS LE MÉCHANT TRAÎTRE ET TU VEUX ME BARDER À L'ŒIL ?
JE NE COMPRENDS RIEN À CE QUE TU DIS, TERRIEN RICHARD-CARTIER.

CLARKE, TU ME FAIS TOUJOURS CONFIANCE, ALORS ? SI JE PARS AVEC LES AUTRES ?
AI-JE TORT ?
JE N'AURAIS JAMAIS BIEN FAIT CONTRE TOI.
TU ES UN ÊTRE EXTRAORDINAIRE ET POURTANT, J'AI L'IMPRESSION QUE JE TE COMPRENDS MIEUX QUE TOUS LES AUTRES DANS L'ÉQUIPE.
ÇA NE TE GÊNE PAS SI JE TE DIS ÇA ?
"L'INCIDENT" AVEC CLARKE M'A FAIT TRÈS PEUR.
JENNA, TAIS-TOI, TU SAIS BIEN QU'IL NOUS ÉCOUTE.
ET ALORS ? JE N'AI PAS LE DROIT DE DIRE QUE J'AI EU PEUR ? C'EST TOI, ANDREW, LE PLUS PÉTOCHARD DE NOUS DEUX... TU N'AS PAS DIT UN MOT QUAND NOUS ÉTIONS PRISONNIERS.
ET TU T'ÉTONNES DE NOTRE SÉPARATION !
JE CROYAIS QUE C'ÉTAIT À CAUSE DE... ENFIN... CETTE HISTOIRE AVEC MA COLLÈGUE...
BAH OUI, TOUJOURS DE LA LÂCHETÉ PURE ET SIMPLE.
ANDREW, SI VOUS REPRENIEZ VOS EXPLICATIONS... ? ÇA, AU MOINS, TOUT LE MONDE PEUT EN PROFITER !


EUH... OUI... EH BIEN, JE CROIS QU'IL RESTE PAS MAL DE CHOSES À DIRE À PROPOS DE SATURNE...
ON AURAIT D'AILLEURS PU COMMENCER À PARLER DE CETTE PLANÈTE D'UN POINT DE VUE TERRESTRE.
ON CONNAÎT SATURNE DEPUIS LES TEMPS ANCIENS, PUISQU'ON PEUT L'OBSERVER À L'ŒIL NU DANS LE CIEL NOCTURNE.
SON NOM LUI VIENT DE LA DIVINITÉ SATURNE (CRONOS CHEZ LES GRECS ANCIENS) QUI DÉVORE SES ENFANTS POUR ÉVITER QU'ILS NE PRENNENT SA PLACE.
EN 1610, LE CÉLÈBRE ASTRONOME GALILÉE TOURNE SA LUNETTE VERS LA PLANÈTE...
VOUS CONNAISSEZ SÛREMENT LA VISION HALLUCINÉE QU'EN A DONNÉE LE PEINTRE GOYA AU XIXE SIÈCLE.
CÉLÈBRE ET ITALIEN !
GALILÉE CROIT AVOIR DES VISIONS : SATURNE LUI SEMBLE TRIPLE !
ITALIEN ET ALCOOLIQUE !
STRONZO ! PAS DU TOUT !

LORSQUE DEUX ANS PLUS TARD, IL RENOUVELLE SON OBSERVATION, IL RETROUVE LE SATURNE QU'IL CONNAISSAIT JUSQUE-LÀ, LA "PLANÈTE DORÉE" SANS DES INVRAISEMBLABLES EXCROISSANCES.

CHRISTIANI HUGENII
SYSTEMA SATURNIVM,
De causis mirandorum Saturni Phænomenôn,
&
MDCLIX.

L'EXPLICATION DU PHÉNOMÈNE ARRIVE PRÈS DE CINQUANTE ANS PLUS TARD.

C'EST SON CONFRÈRE, LE HOLLANDAIS CHRISTIAN HUYGENS, QUI DÉCOUVRE L'EXISTENCE DES ANNEAUX DONT L'INCLINAISON VARIABLE LES FAIT CHANGER D'ASPECT.

Cujus phaseos vera proinde forma, fecundu
figura circa annulum definivimus, ejusmodi crit
delineata cernitur, majori ellipsis diametro ad mi
abente fere ut 5 ad 2.

GALILÉE LES AVAIT OBSERVÉS SANS COMPRENDRE DE QUOI IL S'AGISSAIT, ET QUAND IL A REGARDÉ SATURNE EN 1612, LES ANNEAUX N'AVAIENT PAS DISPARU, MAIS ILS APPARAISSAIENT PAR LA TRANCHE, DONC IMPOSSIBLE À L'ÉPOQUE DE LES DÉTECTER.

DEPUIS, LES DÉCOUVERTES INCROYABLES SE SONT SUCCÉDÉES.

JUSQU'À CELLE DE L'ANNEAU GÉANT ?

PHOEBÉ

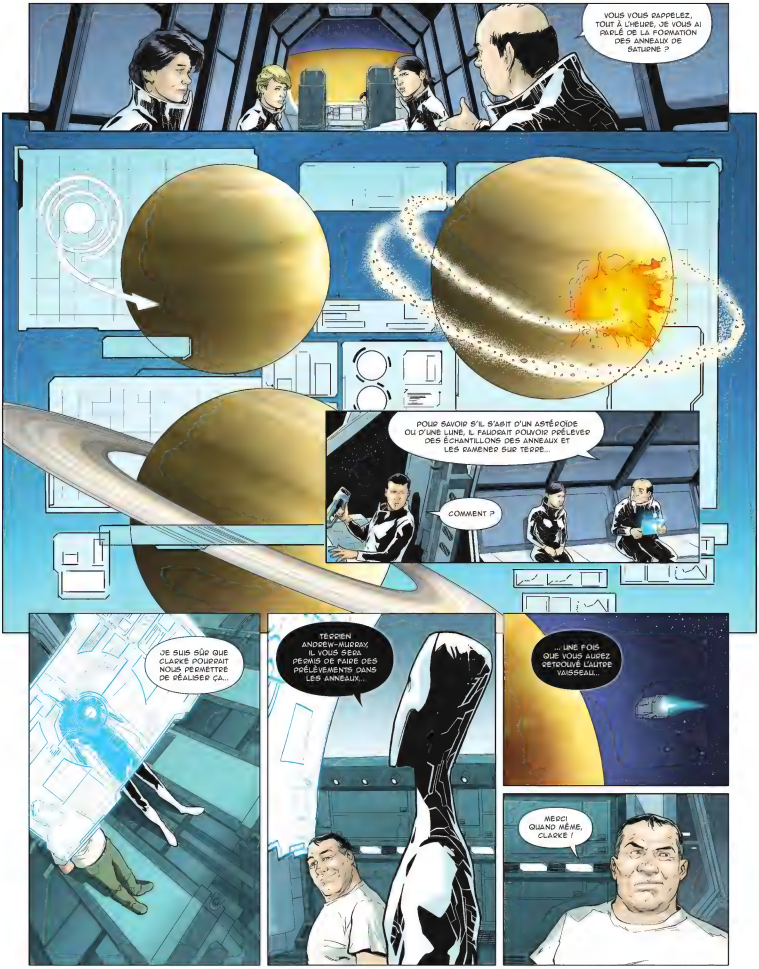
ANNEAU DE PHOEBÉ

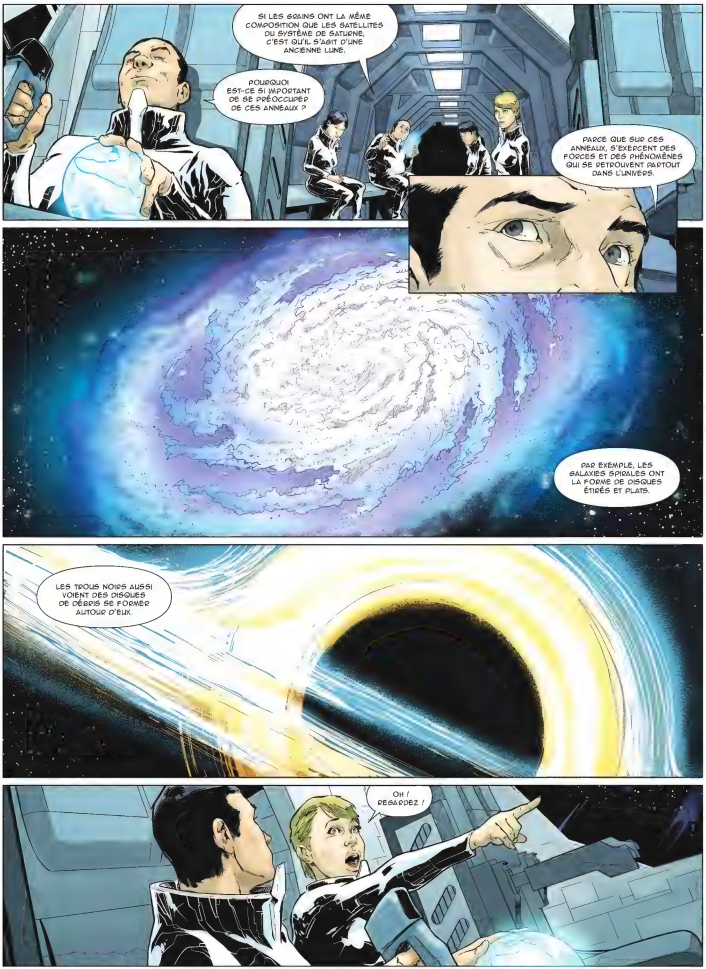
SATURNE

TITAN

EXACT ! L'ANNEAU DE PHOEBÉ S'ÉTALE ENTRE 3 ET 15 MILLIONS DE KILOMÈTRES DE SATURNE...

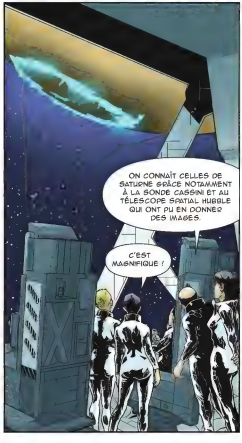
IL A ÉTÉ DÉCOUVERT EN 2009 PAR LE TÉLESCOPE SPATIAL SPITZER.


VOUS VOUS RAPPELEZ, TOUT À L'HEURE, JE VOUS AI PARLÉ DE LA FORMATION DES ANNEAUX DE SATURNE ?
POUR SAVOIR S'IL S'AGIT D'UN ASTÉROÏDE OU D'UNE LUNE, IL FAUDRAIT POUVOIR PRÉLEVER DES �échantillons DES ANNEAUX ET LES RAMENER SUR TERRE...
COMMENT ?
JE SUIS SÛR QUE CLARKE POURRAIT NOUS PERMETTRE DE RÉALISER ÇA...
TERRIEN ANDREW-MURRAY, IL VOUS FERA PROMIS DE FAIRE DES PRÉLÈVEMENTS DANS LES ANNEAUX...
... UNE FOIS QUE VOUS AUREZ RETROUVÉ L'AUTRE VAISSEAU...
MERCI QUAND MÊME, CLARKE !


SI LES GRAINS ONT LA MÊME COMPOSITION QUE LES SATELLITES DU SYSTÈME DE SATURNE, C'EST QU'IL S'AGIT D'UNE ANCIENNE LUNE.
POURQUOI EST-CE SI IMPORTANT DE SE PRÉOCCUPER DE CES ANNEAUX ?
PARCE QUE SUR CES ANNEAUX, S'EXERCENT DES FORCES ET DES PHÉNOMÈNES QUI SE RETROUVENT PARTOUT DANS L'UNIVERS.
PAR EXEMPLE, LES GALAXIES SPIRALES ONT LA FORME DE DISQUES ÉTIRÉS ET PLATS.
LES TROUS NOIRS AUSSI VOIENT DES DISQUES DE DÉBRIS SE FORMER AUTOUR D'EUX.
OH ! REGARDEZ !

ENCORE UN MACARON VOLANT ?
WAOUH !!! QU'EST-CE QUE C'EST ?
STRONZO ! C'EST UNE AURORE POLAIRE.

GRÂCE AUX FILTRES PRÉSENTS DANS LA MATIÈRE DU HUBLOT, VOUS POUVEZ OBSERVER DES LONGUEURS D'ONDE INVISIBLES POUR L'ŒIL HUMAIN.
LES AURORES POLAIRES SE PRODUISENT SUR LES PLANÈTES QUI POSSÈDENT UN CHAMP MAGNÉTIQUE. COMME LA TERRE.

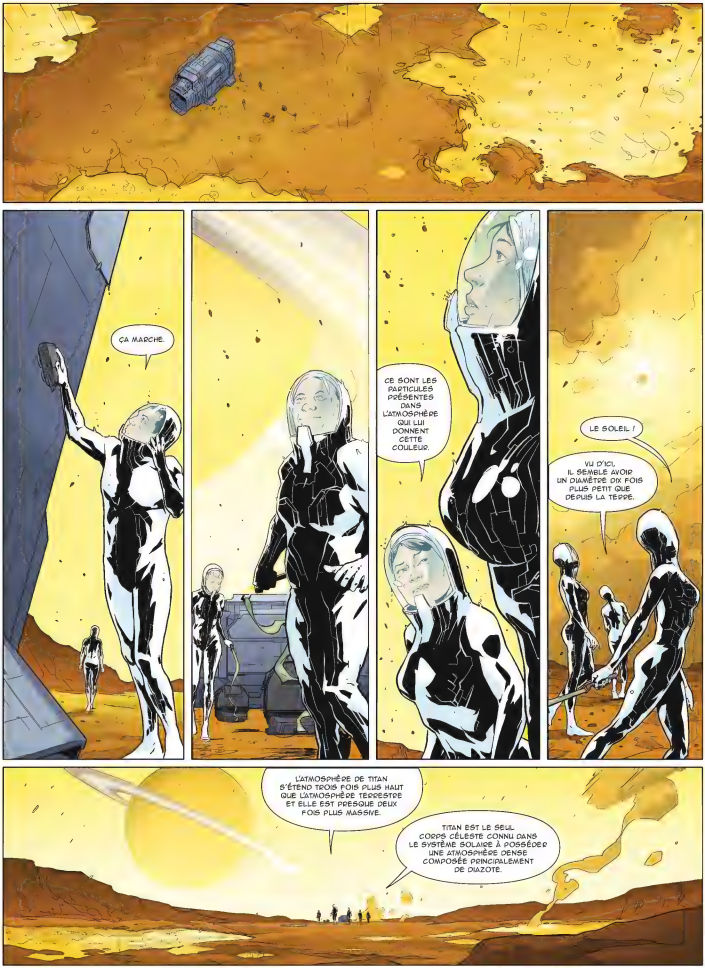

ON CONNAÎT CELLES DE SATURNE GRÂCE NOTAMMENT À LA SONDE CASSINI ET AU TÉLESCOPE SPATIAL HUBBLE QUI ONT PU EN DONNER DES IMAGES.
C'EST MAGNIFIQUE !

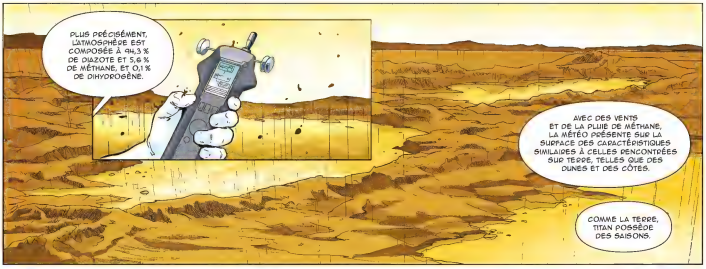
DANS LE CAS DE SATURNE, LE PHÉNOMÈNE PROVIENT DES PANACHES DE MATIÈRE ÉJECTÉS PAR LA LUNE ENCELADE. SES PARTICULES CHARGÉES ÉLECTRIQUEMENT EXCITENT LES ATOMES PRÉSENTS DANS L'IONOSPHÈRE, LA PLUS HAUTE COUCHE DE L'ATMOSPHÈRE.
LA PUISSANCE INJECTÉE AINSI PEUT ATTEINDRE QUELQUES 100 GIGAWATTS, CE QUI EST CONSIDÉRABLE.

DIT COMME ÇA, ÇA SEMBLE NETTEMENT MOINS MAGNIFIQUE.
PAS OU TOUT LA SCIENCE EN SOI EST MAGNIFIQUE.

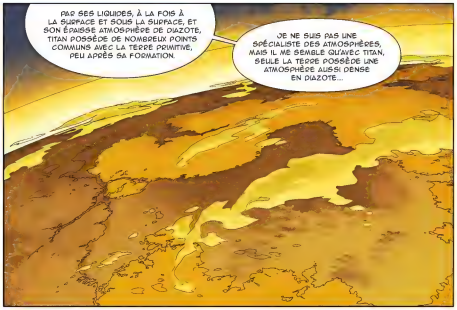
ALORS ELLE DIT QUOI DE PLUS, TA SCIENCE, ANDREW, SUR TITAN ?
TU DISAIS QU'IL POSSÈDE UNE ATMOSPHÈRE ?
OUI, MAIS NE VOUS ATTENDEZ PAS À POUVOIR Y RESPIRER !
TU NOUS PRENDS POUR DES IDIOTS, ALEX ?
TERRIENS, J'AI PERDU TOUTE VISIBILITÉ.
J'ENCLENCHE LE PILOTE AUTOMATIQUE POUR L'ATTERRISSAGE.
ACCROCHEZ-VOUS, LES GARS !

C'EST LA JOURNÉE DE TOUTES LES ÉMOTIONS !
CLARKE, QUELLES SONT TES INSTRUCTIONS, MAINTENANT ?
LE SIGNAL N'EST PAS ÉMIS EN CONTINU. L'ATMOSPHÈRE DE TITAN NE M'A PAS PERMIS DE VOUS FAIRE ATTERRIR AU PLUS PRÈS DE SA SOURCE SUPPOSÉE.
VOUS DEVEZ SORTIR ET EXPLORER LES ENVIRONS...
QUELLE ZONE FAUT-IL QUADRILLER ?
ÉLOIGNEZ-VOUS DE LA NAVETTE EN FAISANT UN CERCLE DE PLUS EN PLUS LARGE. LE SIGNAL PROVIENT DES ENVIRONS DÈS QU'IL DEVIENT FAIBLE, ALORS VOUS SAUREZ OÙ VOUS DIRIGER.
VOUS TROUVEREZ UN PETIT BOÎTIER À COLLER CONTRE LE FUSELAGE DE LA NAVETTE.
IL SE CONNECTERA AUTOMATIQUEMENT À VOS SCAPHANDRES ET VOUS PERMETTRA DE REGAGNER LA NAVETTE À TOUT MOMENT.
OK, CLARKE.
ON EMPORTE LE MATÉRIEL POUR FAIRE DES PRÉLÈVEMENTS PAR LA MÊME OCCASION.


ÇA MARCHE.
CE SONT LES PARTICULES PRÉSENTES DANS L'ATMOSPHÈRE QUI LUI DONNENT CETTE COULEUR.
LE SOLEIL !
VU D'ICI, IL SEMBLE AVOIR UN DIAMÈTRE DIX FOIS PLUS PETIT QUE DEPUIS LA TERRE.
L'ATMOSPHÈRE DE TITAN S'ÉTEND TROIS FOIS PLUS HAUT QUE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE ET ELLE EST PRESQUE DEUX FOIS PLUS MASSIVE.
TITAN EST LE SEUL CORPS CÉLESTE CONNU DANS LE SYSTÈME SOLAIRE À POSSÉDER UNE ATMOSPHÈRE DENSE COMPOSÉE PRINCIPALEMENT DE DIAZOTE.


PLUS PRÉCISÉMENT, L'ATMOSPHÈRE EST COMPOSÉE À 94,3 % DE DIAZOTE ET 5,6 % DE MÉTHANE, ET 0,1 % DE DIHYDROGÈNE.
AVEC DES VENTS ET DE LA PLUIE DE MÉTHANE, LA MÉTÉO PRÉSENTE SUR LA SURFACE DES CARACTÉRISTIQUES SIMILAIRES À CELLES RENCONTRÉES SUR TERRE, TELLES QUE DES DUNES ET DES CÔTES.
COMME LA TERRE, TITAN POSSÈDE DES SAISONS.

TITAN EST PRINCIPALEMENT COMPOSÉ DE ROCHE ET D'EAU GELÉE. IL Y A DES LACS D'HYDROCARBURES LIQUIDES.
RASSUREZ-VOUS ! NOUS NE NOUS SERIONS PAS FAITS ENGLOUTIR À L'ATTERRISSAGE : LES LACS SE TROUVENT PRINCIPALEMENT DANS LES RÉGIONS POLAIRES DE TITAN !


PAR SES LIQUIDES, À LA FOIS À LA SURFACE ET SOUS LA SURFACE, ET SON ÉPAISSE ATMOSPHÈRE DE DIAZOTE, TITAN POSSÈDE DE NOMBREUX POINTS COMMUNS AVEC LA TERRE PRIMITIVE, PEU APRÈS SA FORMATION.
JE NE SUIS PAS UNE SPÉCIALISTE DES ATMOSPHÈRES, MAIS IL ME SEMBLE QU'AVEC TITAN, SEULE LA TERRE POSSÈDE UNE ATMOSPHÈRE AUSSI DENSE EN DIAZOTE...

TU CONNAIS MA MAROTTE, FRANCESCA : LES TRACES DE VIE.
AVEC -180° CELSIUS, LA TEMPÉRATURE SUR TITAN EST BEAUCOUP PLUS BASSE QUE LA TERRE PRIMITIVE, MAIS QUI SAIT S'IL NE POURRAIT PAS HÉBERGER DE LA VIE EXTRATERRESTRE MICROBIENNE ?

EN TOUT CAS, IL POURRAIT SE PRÉSENTER COMME UN MILIEU NATUREL PRÉBIOTIQUE RICHE EN CHIMIE ORGANIQUE COMPLEXE.

POUR CERTAINS CHERCHEURS, UN OCÉAN SOUTERRAIN SUR TITAN POURRAIT PROBABLEMENT SERVIR D'ENVIRONNEMENT FAVORABLE À LA VIE.

JE FAIS UN FORAGE. CELA PERMETTRA DE MIEUX DATER TITAN.

LES INNOMBRABLES SATELLITES DE SATURNE N'ONT PAS TOUS LA MÊME ORIGINE. TITAN, COMME LES AUTRES GROSSES LUNES, SUIT LA FORMATION DE SATURNE.

MAIS DES DIZAINES D'AUTRES SE SONT SANS DOUTE FORMÉS PAR ACCRÉTION DE DÉBRIS DANS LES ANNEAUX, ILS SONT DONC BEAUCOUP PLUS RÉCENTS.

D'AUTRES ENCORE ONT DÛ ÊTRE CAPTÉS ALORS QU'ILS DÉRIVAIENT DEPUIS LA CEINTURE DE KUIPER. D'AUTRES ENCORE SE SONT FORMÉS PAR COLLISION ENTRE EUX.

BREF, IL POURRAIT Y AVOIR AUTANT DE SCÉNARIOS QU'IL Y A DE SATELLITES POISONNÉES OU GRAND CRONOS, DÉVOREUR DE SES ENFANTS !

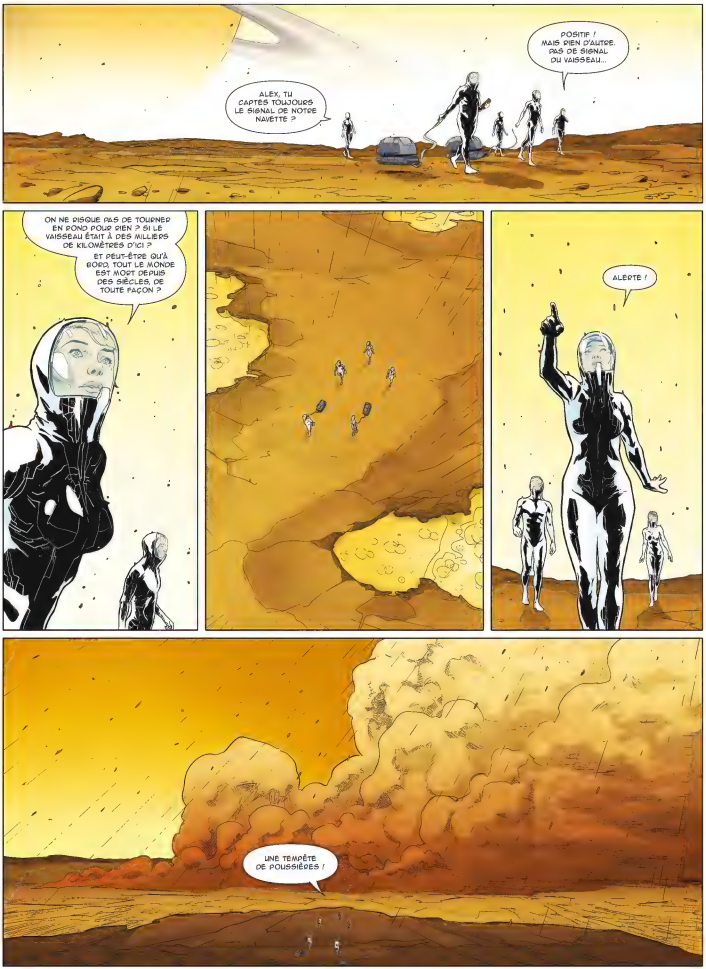
POURQUOI TÉTHYS OU RHÉA, PAR EXEMPLE, N'ONT PAS D'ATMOSPHÈRE, EUX NON PLUS ?

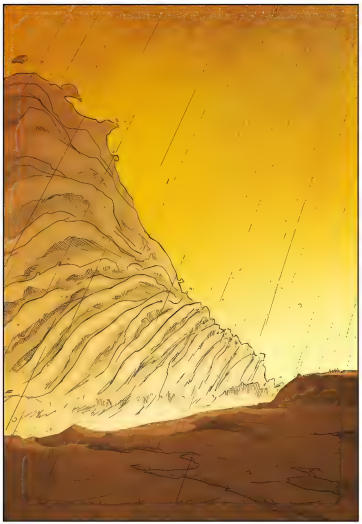
IL FAUT UNE CERTAINE MASSE POUR CONSERVER UNE ATMOSPHÈRE. MAIS RHÉA POSSÈDE UNE TRÈS FINE ATMOSPHÈRE D'OXYGÈNE ET DE GAZ CARBONIQUE, DES MILLIARDS DE FOIS MOINS DENSE QUE L'ATMOSPHÈRE DE TITAN.

POUR TITAN, ON PENSE QUE C'EST UN DÉGAZAGE DE L'INTÉRIEUR OU SATELLITE QUI A PU LUI FOURNIR SON ATMOSPHÈRE. SA GRAVITÉ ET LES TEMPÉRATURES BASSES LUI ONT PERMIS DE LA RETENIR.

D'OÙ L'IMPORTANCE DE PRÉLEVER DES ÉCHANTILLONS DU SOL ET DE LE FORER.

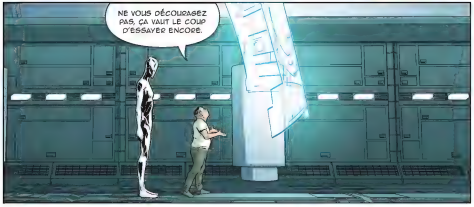
RHÉA

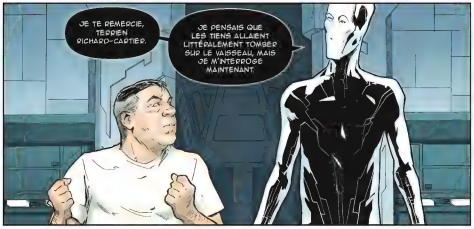

ALEX, TU CAPTES TOUJOURS LE SIGNAL DE NOTRE NAVETTE ?
POSITIF ! MAIS RIEN D'AUTRE. PAS DE SIGNAL DU VAISSEAU...
ON NE PISQUE PAS DE TOURNER EN ROND POUR RIEN ? SI LE VAISSEAU ÉTAIT À DES MILLIERS DE KILOMÈTRES D'ICI ?
ET PEUT-ÊTRE QU'À BORD, TOUT LE MONDE EST MORT DEPUIS DES SIÈCLES, DE TOUTE FAÇON ?
ALERTE !
UNE TEMPÊTE DE POUSSIÈRES !

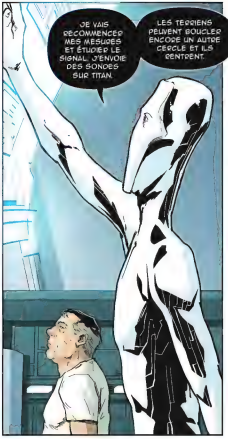


CLARKE, TU NOUS REÇOIS ? TU ES SÛR QUE ÇA SERT À QUELQUE CHOSE QU'ON CONTINUE ?
NOUS AVONS BEAU ÉLARGIR LE CERCLE, TOUJOURS RIEN POUR LE MOMENT.

SI ÇA SE TROUVE, LE SIGNAL NE SE PERD PLUS ENTENDRE AVANT UN AN, OU DIX ANS, OU UN SIÈCLE !

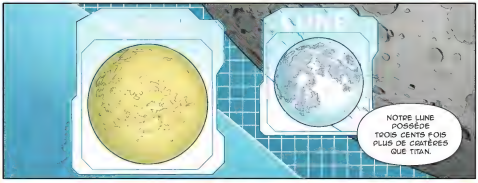

NE VOUS DÉCOURAGEZ PAS, ÇA VAUT LE COUP D'ESSAYER ENCORE.

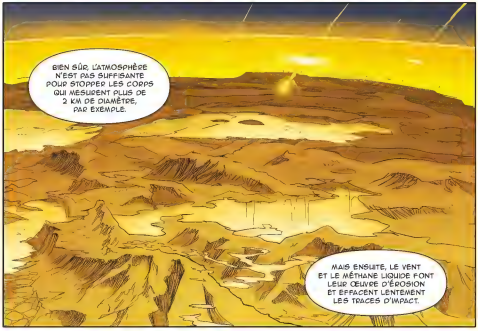

JE TE REMERCIE, TERRIEN RICHARD-CARTIER.
JE PENSAIS QUE LES TIENS ALLAIENT LITTÉRALEMENT TOMBER SUR LE VAISSEAU, MAIS JE M'INTERPOSE MAINTENANT.

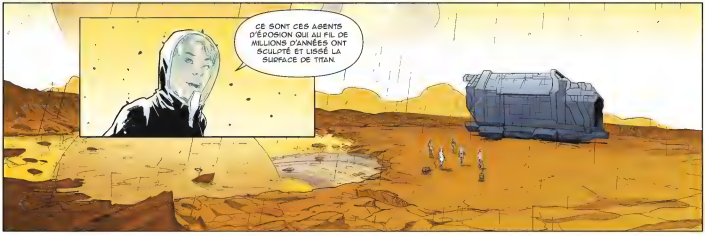

JE VAIS RECOMMENCER MES MESURES ET ÉTUDIER LE SIGNAL. J'ENVOIE DES SONDES SUR TITAN.
LES TERRIENS PEUVENT BOUCLER ENCORE UN AUTRE CERCLE ET ILS CENTRENT.

C'EST ÉTRANGE DE MARCHER DANS CETTE VASTE PLAINE DONT LE SOL PARAÎT PLUTÔT LISSE.
IL NE RESSEMBLE PAS AUX AUTRES SURFACES DE SATELLITES FAITS ÉGALEMENT DE GLACE ET DE ROCHE, QUI SONT CONSTELLÉS DE CRATÈRES.

D'ABORD L'ATMOSPHÈRE DE TITAN PROTÈGE LA PLANÈTE DES COLLISIONS AVEC LES ASTÉROÏDES QUI SONT LA CAUSE DE CES CRATÈRES, MIS À PART LE VOLCANISME BIEN SÛR.

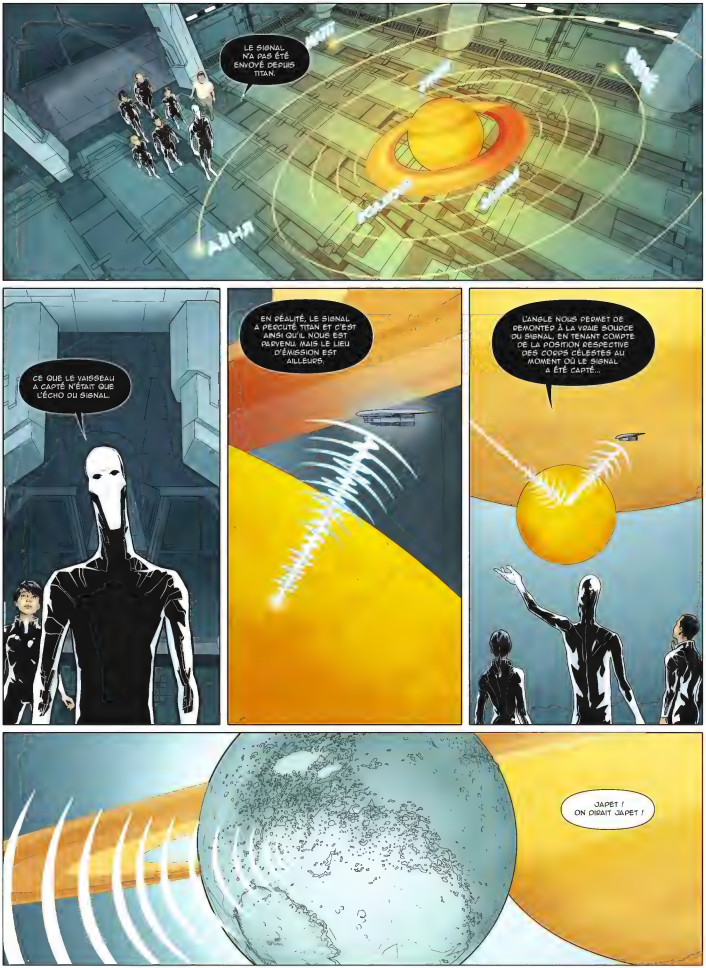

LUNE
NOTRE LUNE POSSÈDE TROIS CENTS FOIS PLUS DE CRATÈRES QUE TITAN.

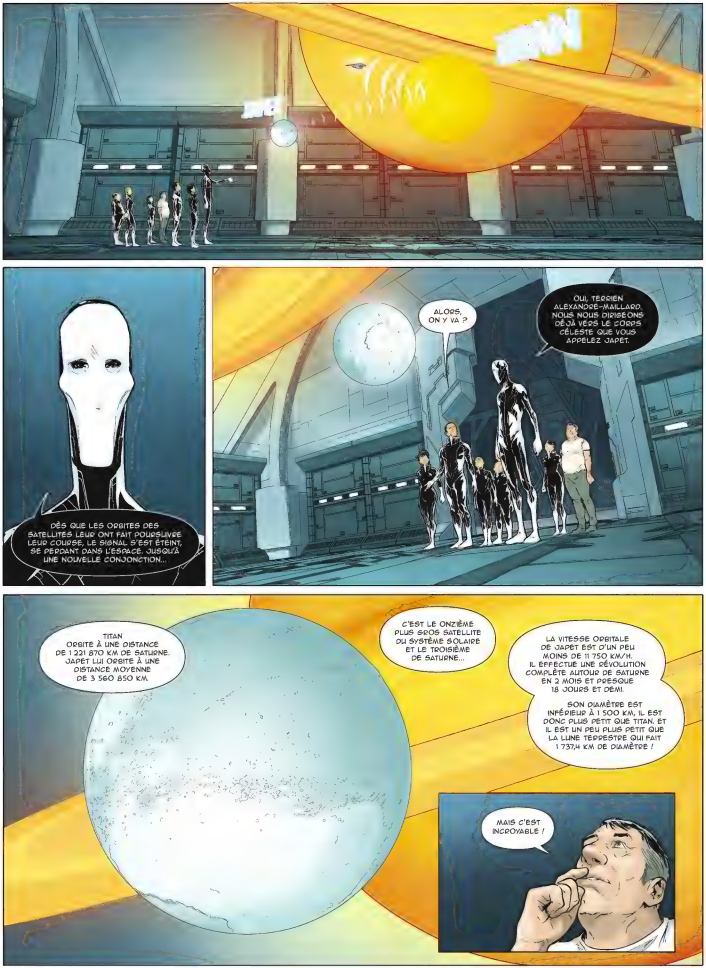

BIEN SÛR, L'ATMOSPHÈRE N'EST PAS SUFFISANTE POUR STOPPER LES CORPS QUI MESURENT PLUS DE 2 KM DE DIAMÈTRE, PAR EXEMPLE.
MAIS ENSUITE, LE VENT ET LE MÉTHANE LIQUIDE FONT LEUR ŒUVRE D'ÉROSION ET EFFACENT LENTEMENT LES TRACES D'IMPACT.


CE SONT CES AGENTS D'ÉROSION QUI AU FIL DE MILLIONS D'ANNÉES ONT SCULPTÉ ET LISSÉ LA SURFACE DE TITAN.

C'EST MITHRIM MONTES, L'UNE DES RÉGIONS LES PLUS MONTAGNEUSES DE TITAN.
RECORD D'ALTITUDE À 3 300 MÈTRES !
"MITHRIM MONTES"... CE NOM ME RAPPELLE QUELQUE CHOSE...
TOLKIEN ?
EXACT ! LES MONTAGNES ONT ÉTÉ NOMMÉES D'APRÈS CELLES DU SEIGNEUR DES ANNEAUX.
DÉSARDEZ. CLARKE ENVOIE DES SONDES.

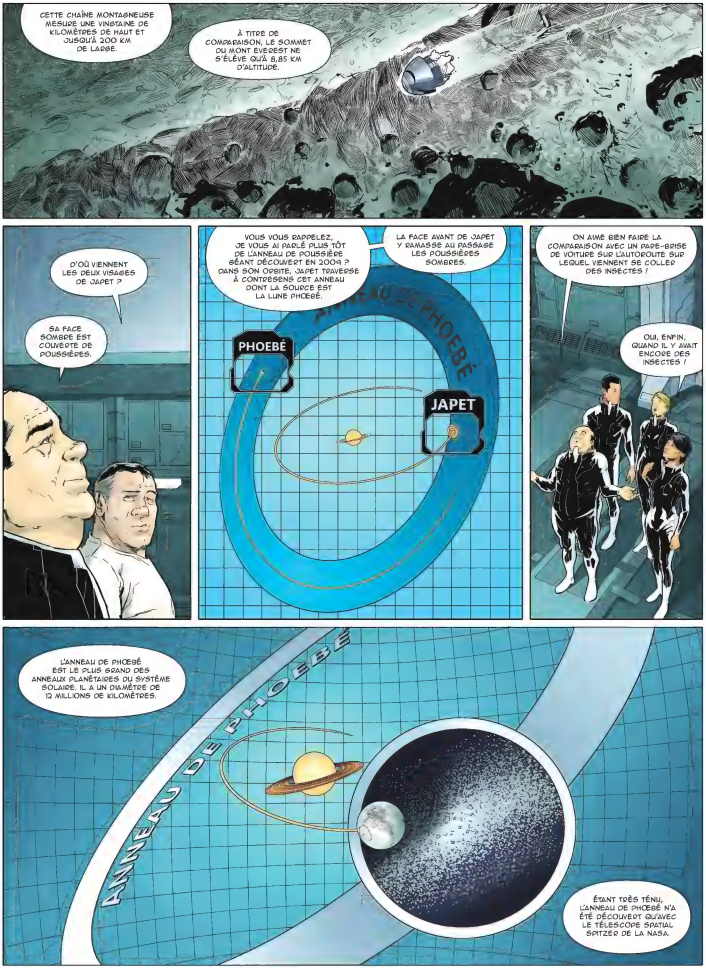
MALGRÉ LE SIGNAL CAPTÉ, LE VAISSEAU SEMBLE AVOIR DISPARU.
ET S'IL S'ÉTAIT ENFONCÉ DANS UN LAC DE MÉTHANE ? IL SERAIT INVISIBLE À LA SURFACE ?
LA SONDE PEUT DÉTECTER LA PRÉSENCE D'UN OBJET MASSIF JUSQU'À DES KILOMÈTRES DE PROFONDEUR.
IL Y A UNE AUTRE EXPLICATION.
DÉSOLÉ, CLARKE. EST-CE QUE L'IA A PU FAIRE UNE ERREUR EN CALCULANT LA ZONE D'ÉMISSION DU SIGNAL ?
VENEZ !
C'EST IDIOT, CE QUE J'AI DIT ?

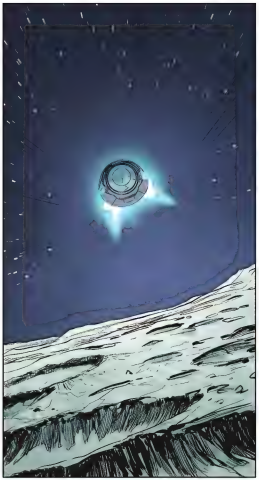

LE SIGNAL N'A PAS ÉTÉ ENVOYÉ DEPUIS TITAN.
CE QUE LE VAISSEAU A CAPTÉ N'ÉTAIT QUE L'ÉCHO DU SIGNAL.
EN RÉALITÉ, LE SIGNAL A PERCUTÉ TITAN ET C'EST AINSI QU'IL NOUS EST PARVENU, MAIS LE LIEU D'ÉMISSION EST AILLEURS.
L'ANGLE NOUS PERMET DE REMONTER À LA VRAIE SOURCE DU SIGNAL, EN TENANT COMPTE DE LA POSITION RESPECTIVE DES CORPS CÉLESTES AU MOMENT OÙ LE SIGNAL A ÉTÉ CAPTÉ...
JAPET ! ON DIRAIT JAPET !

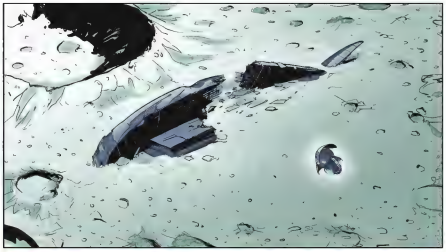

DÈS QUE LES ORBITES DES SATELLITES LEUR ONT FAIT POURSUIVRE LEUR COURSE, LE SIGNAL S'EST ÉTEINT, SE PERDANT DANS L'ESPACE. JUSQU'À UNE NOUVELLE CONJONCTION...
ALORS, ON Y VA ?
OUI, TERRIEN ALEXANDRE-MAILLARD. NOUS NOUS DIRIGEONS DÉJÀ VERS LE CORPS CÉLESTE QUE VOUS APPELEZ JAPET.
TITAN ORBITE À UNE DISTANCE DE 1 221 870 KM DE SATURNE. JAPET LUI ORBITE À UNE DISTANCE MOYENNE DE 3 560 850 KM.
C'EST LE ONZIÈME PLUS GROS SATELLITE DU SYSTÈME SOLAIRE ET LE TROISIÈME DE SATURNE...
LA VITESSE ORBITALE DE JAPET EST D'UN PEU MOINS DE 11 750 KM/H. IL EFFECTUE UNE RÉVOLUTION COMPLÈTE AUTOUR DE SATURNE EN 2 MOIS ET PRESQUE 18 JOURS ET DEMI.
SON DIAMÈTRE EST INFÉRIEUR À 1 500 KM, IL EST DONC PLUS PETIT QUE TITAN ET IL EST UN PEU PLUS PETIT QUE LA LUNE TERRESTRE QUI FAIT 1 737,4 KM DE DIAMÈTRE !
MAIS C'EST INCROYABLE !

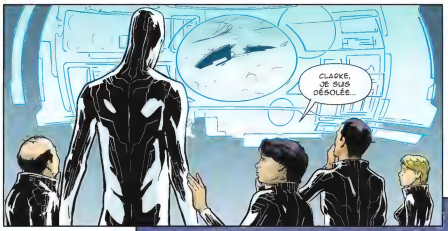
CLARKE A ÉTÉ SURNOMMÉ AINSI AFIN D'AVOIR UN NOM PRONONÇABLE PAR LES TERRIENS... EN HOMMAGE AU GRAND ÉCRIVAIN DE SCIENCE-FICTION AMÉRICAIN ARTHUR C. CLARKE, L'AUTEUR DE 2001, L'ODYSSÉE DE L'ESPACE OU PENDEZ-VOUS AVEC RAMA...
DANS L'ODYSSÉE DE L'ESPACE, LE HÉROS, L'ASTRONAUTE BOWMAN, DÉCOUVRE UN MONOLITHE NOIR D'ORIGINE EXTRATERRESTRE SUR... JAPET !
AH OUI, INCROYABLE, EN EFFET.
SI LE VAISSEAU EST SUR JAPET... !
IL EST SUR JAPET.

CETTE GIGANTESQUE CHAÎNE DE MONTAGNES S'ÉTEND SUR PRESQUE TOUTE LA LUNE. CELA LUI DONNE UN PEU LA FORME D'UNE NOIX !


CETTE CHAÎNE MONTAGNEUSE MESURE UNE VINGTAINE DE KILOMÈTRES DE HAUT ET JUSQU'À 200 KM DE LARGE.
À TITRE DE COMPARAISON, LE SOMMET DU MONT EVEREST NE S'ÉLÈVE QU'À 8,85 KM D'ALTITUDE.
D'OÙ VIENNENT LES DEUX VISAGES DE JAPET ?
SA FACE SOMBRE EST COUVERTE DE POUSSIÈRES.
VOUS VOUS RAPPELEZ, JE VOUS AI PARLÉ PLUS TÔT DE L'ANNEAU DE POUSSIÈRE GÉANT DÉCOUVERT EN 2009 ? DANS SON ORBITE, JAPET TRAVERSE À CONTRESENS CET ANNEAU DONT LA SOURCE EST LA LUNE PHOEBÉ.
LA FACE AVANT DE JAPET Y RAMASSE AU PASSAGE LES POUSSIÈRES SOMBRES.
ANNEAU DE PHOEBÉ
PHOEBÉ
JAPET
ON AIME BIEN FAIRE LA COMPARAISON AVEC UN PARE-BRISE DE VOITURE SUR L'AUTOROUTE SUR LEQUEL VIENNENT SE COLLER DES INSECTES !
OUI, ENFIN, QUAND IL Y AVAIT ENCORE DES INSECTES !
L'ANNEAU DE PHŒBÉ EST LE PLUS GRAND DES ANNEAUX PLANÉTAIRES DU SYSTÈME SOLAIRE. IL A UN DIAMÈTRE DE 12 MILLIONS DE KILOMÈTRES.
ANNEAU DE PHOEBÉ
ÉTANT TRÈS TÉNU, L'ANNEAU DE PHŒBÉ N'A ÉTÉ DÉCOUVERT QU'AVEC LE TÉLESCOPE SPATIAL SPITZER DE LA NASA.



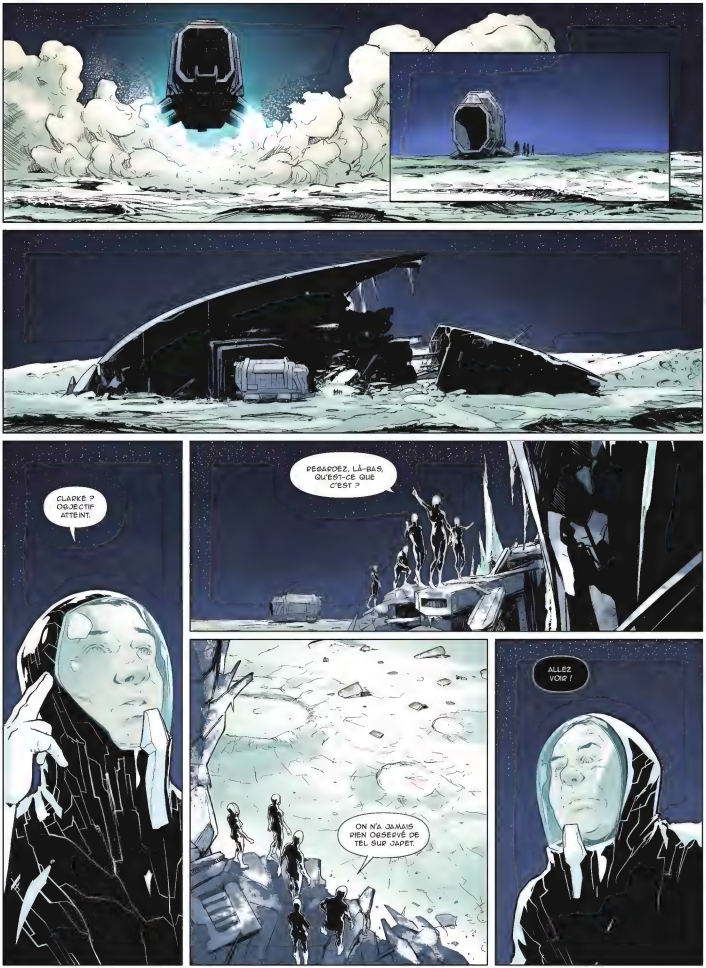


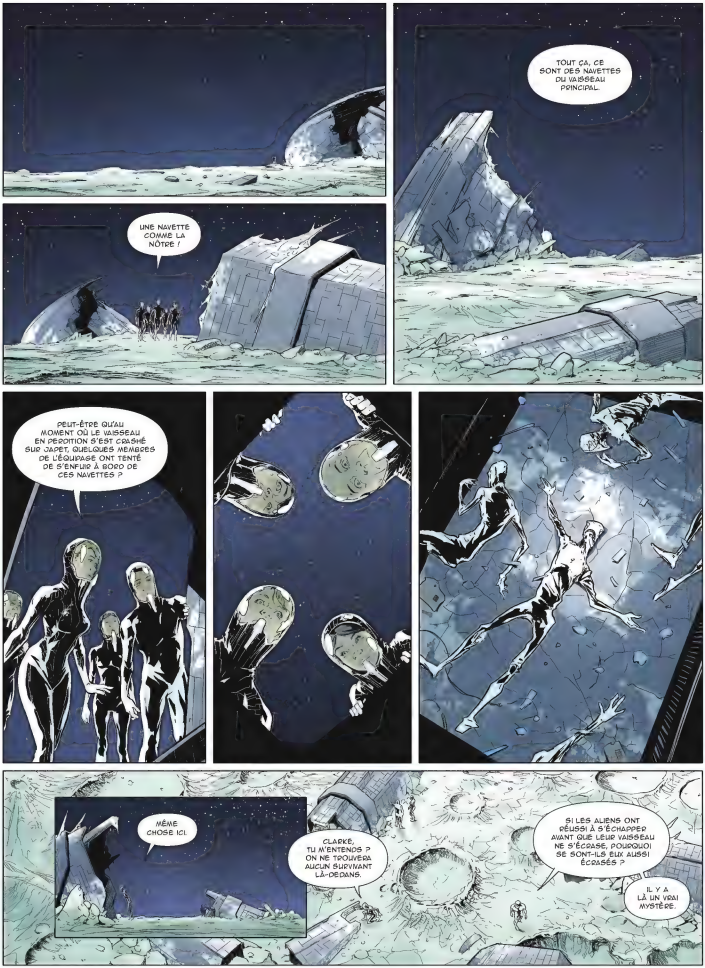

CLARKE, JE SUIS DÉSOLÉE...

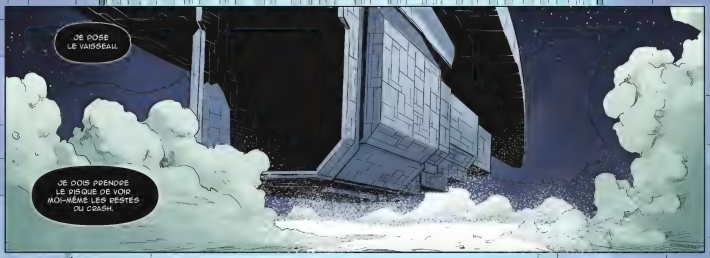
IL Y A PEUT-ÊTRE DES SURVIVANTS...
LE SIGNAL MARCHE, IL Y A D'AUTRES ÉQUIPEMENTS QUI ONT PU FONCTIONNER AUSSI...

NOUS LE SOUHAITONS DE TOUT CŒUR.

MON ÉQUIPAGE ÉTANT MORT LORS DU CRASH SUR LA LUNE, JE N'AI SURVÉCU QUE GRÂCE AU CAISSON QUI M'A MAINTENU DANS UN ÉTAT SUSPENDU, LÉTHARGIQUE, AVEC DES SUBSTANCES NOURRICIÈRES.
ÇA VA ALLER ?
PEUT-ÊTRE VAIS-JE DEVOIR LAISSER LE VAISSEAU SE DIRIGER SEUL POUR LE CHEMIN DU RETOUR ET M'ISOLER À NOUVEAU DANS UN CAISSON.
S'ILS SONT TOUS MORTS, JE VAIS DEVOIR PRENDRE DES MESURES POUR PORTER MA DÉSOLATION BIOLOGIQUE.
DANS NOTRE ESPÈCE, JE VOUS L'AI DIT, UN INDIVIDU SEUL NE PEUT SE RÉGÉNÉRER, LA PRÉSENCE D'AUTRES ENTITÉS BIOLOGIQUES EST ESSENTIELLE.
ALORS QUE NOUS N'AVONS PAS ENCORE DU EXPLORER URANUS, NEPTUNE, VÉNUS, MERCURE... LE SOLEIL !
J'AI RÉFLÉCHI, TERRIEN RICHARD-CARTIER. TU VEUX RAMENER SUR TERRE DE NOUVELLES DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES.
LA TERRIENNE JENNA-KHONGSIT AVAIT RAISON : LA TENTATION EST ÉNORME POUR UN PETIT ANIMAL CURIEUX ET DOUÉ COMME LE SINGE HUMAIN.
MERCI POUR LE COMPLIMENT.
JE SUIS DÉSOLÉ. ON DIT BIEN COMME ÇA CHEZ LES HUMAINS ?... DE VOUS AVOIR BADGÉS PRISONNIERS.
VRAIMENT ? TU ES DÉSOLÉ ?
LE MOT EXACT N'EXISTE PAS CHEZ NOUS. "DÉSOLÉ", EN RÉALITÉ, C'EST UN CONCEPT TERRIEN, ÇA NE SIGNIFIE RIEN POUR LES MIENS.

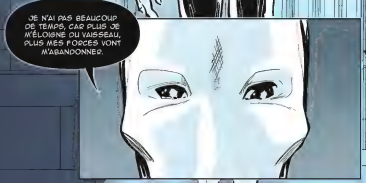

CLARKE ? OBJECTIF ATTEINT.
REGARDEZ, LÀ-BAS, QU'EST-CE QUE C'EST ?
ON N'A JAMAIS RIEN OBSERVÉ DE TEL SUR JAPET.
ALLEZ VOIR !


UNE NAVETTE COMME LA NÔTRE !
TOUT ÇA, CE SONT DES NAVETTES DU VAISSEAU PRINCIPAL.
PEUT-ÊTRE QU'AU MOMENT OÙ LE VAISSEAU EN PERDITION S'EST CRASHÉ SUR JAPET, QUELQUES MEMBRES DE L'ÉQUIPAGE ONT TENTÉ DE S'ENFUIR À BORD DE CES NAVETTES ?
MÊME CHOSE ICI.
CLARKE, TU M'ENTENDS ? ON NE TROUVERA AUCUN SURVIVANT LÀ-DEDANS.
SI LES ALIENS ONT RÉUSSI À S'ÉCHAPPER AVANT QUE LEUR VAISSEAU NE S'ÉCRASE, POURQUOI SE SONT-ILS EUX AUSSI ÉCRASÉS ?
IL Y A LÀ UN VRAI MYSTÈRE.


JE POSE LE VAISSEAU.
JE DOIS PRENDRE LE RISQUE DE VOIR MOI-MÊME LES RESTES DU CRASH.

JE N'AI PAS LA RÉPONSE AUX QUESTIONS QUE VOUS VOUS POSEZ : POURQUOI CE CRASH ? POURQUOI LA CHUTE DES NAVETTES ALORS QU'ELLES AURAIENT PU SAUVER QUELQUES PASSAGERS DU VAISSEAU ?

MAIS IL Y A UNE CHOSE QUE JE VEUX CONSTATER MOI-MÊME.

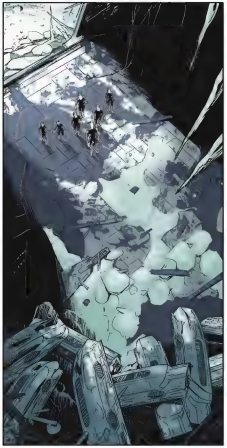

JE N'AI PAS BEAUCOUP DE TEMPS, CAR PLUS JE M'ÉLOIGNE DU VAISSEAU, PLUS MES FORCES VONT M'ABANDONNER.

VOUS VOULEZ MON AVIS ? ÇA NE RESSEMBLE PAS À UN ACCIDENT. ILS ONT ÉTÉ ATTAQUÉS. ET LES NAVETTES QUI ONT TENTÉ DE S'ENFUIR ONT ÉTÉ ABATTUES.

TU ES FOU ! LE VAISSEAU AURAIT ÉTÉ ATTAQUÉ ET DESCENDU PAR UN AUTRE VAISSEAU ?
ET QUI ? UNE AUTRE RACE EXTRATERRESTRE ?

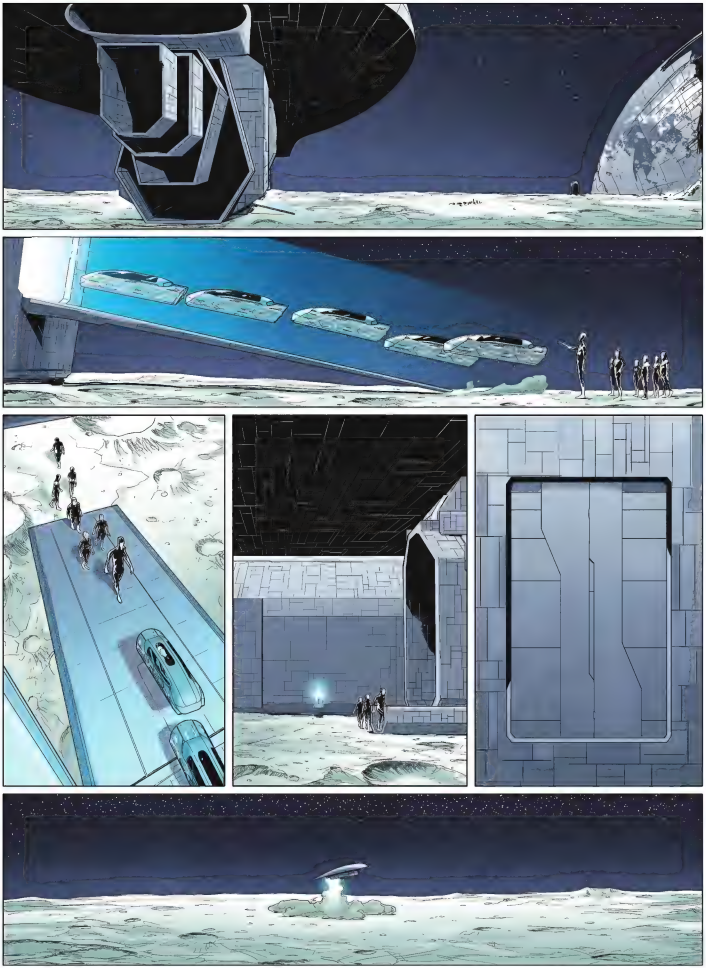
DES ENNEMIS DE CLARKE ET DE SA CIVILISATION.
COMMENT LE SAIS-TU ?

C'EST JUSTE UNE HYPOTHÈSE QUI POURRAIT EXPLIQUER LE NAUFRAGE DU VAISSEAU ET LE FAIT QUE LES NAVETTES N'AIENT PAS NON PLUS ÉCHAPPÉ AU DÉSASTRE.



IL RESTE DES CAISSONS INTACTS.

TERRIENS, FAITES COMME MOI, NOUS ALLONS AMENER CES CAISSONS À BORD.
ATTENTION !
OUPS !



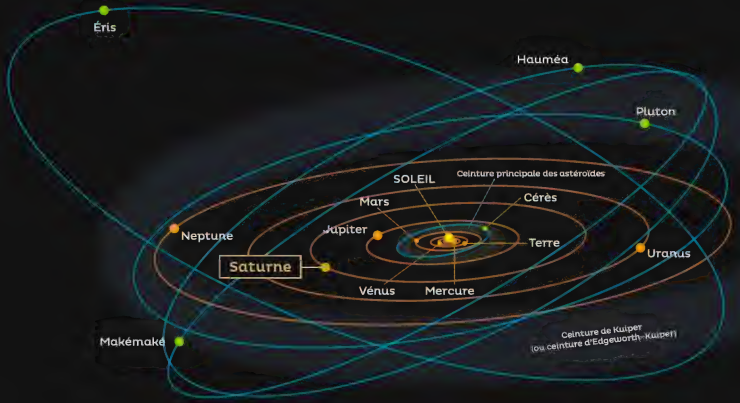
NON, CELLE-CI A FINI SA VIE.
L'HÔTE DE CE CAISSON N'A PAS SURVÉCU.
IL EST VIVANT ?
N'APPROCHEZ PAS PLUS.

MERCI POUR VOTRE AIDE, TERRIENS.

FAISONS CONNAISSANCE. ET POUR COMMENCER, SI ON DONNAIT UN NOM AUX NOUVEAUX VENUS ?
ON POURRAIT RESTER DANS LE THÈME DE L'ODYSSÉE DE L'ESPACE : BOWMAN, POOLE... ET HAL !
C'EST UNE ÉPIDÉMIE QUI A ÉCLATÉ À BORD. SEULE UNE INFIME DE CEUX QUI ONT PU S'ENFERMER DANS UN CAISSON ONT PU SURVIVRE.
ILS N'ONT PAS ÉTÉ ATTAQUÉS. ILS N'ONT PAS SUBI UN PROBLÈME DE RAYONNEMENT INATTENDU COMME MON VAISSEAU.
LES AUTRES ONT PÉRI, Y COMPRIS CEUX QUI SONT PARTIS EN NAVETTE : DÉJÀ ATTEINTS PAR LA MALADIE, ILS SE SONT CRASHÉS.
CETTE ÉPIDÉMIE A RAVAGÉ NOTRE BERCEAU D'ORIGINE. ELLE A CAUSÉ L'EXTINCTION DE NOTRE ESPÈCE. MALGRÉ TOUTE NOTRE SCIENCE, NOUS N'AVONS PU TROUVER LE REMÈDE.
ALORS TOUS CEUX QUI AVAIENT ÉTÉ ÉPARGNÉS SE SONT LANCÉS DANS UNE LONGUE CARAVANE DE VAISSEAUX À LA RECHERCHE D'UNE NOUVELLE TERRE.
MALHEUREUSEMENT, DES GERMES SUBSISTAIENT À LEUR BORD, ET L'ÉPIDÉMIE LES A SUIVIS ALORS QU'ILS ENTRAIENT DANS VOTRE SYSTÈME STELLAIRE.
COMMENT SAVEZ-VOUS QUE VOUS N'ÊTES PAS PORTEURS DE CETTE MALADIE ?
MALGRÉ NOTRE VIE SUSPENDUE DANS LES CAISSONS, EN 2 500 ANS DE SOMMEIL, NOUS SERIONS MORTS.

JE TROUVE SUPER D'AVOIR D'AUTRES ALIENS COMME CLARKE POUR CONTINUER NOTRE VOYAGE.
PARCE QUE NOUS POUVONS CONTINUER, MAINTENANT ?
OUI, TERRIEN RICHARD-CARTIER. PROCHAINE ÉTAPE : LA PLANÈTE QUE VOUS APPELEZ URANUS.
JUSTE UN DÉTAIL : LES ALIENS, C'EST VOUS !
CLARKE, TU NE NOUS AVAIS PAS PROMIS DE PRÉLEVER DES ÉCHANTILLONS DES ANNEAUX DE SATURNE ?

C'EST NOM, TERRIEN ANDREW-MURRAY. ALORS ALLONS-Y.
FIN DE L'ÉPISODE. À SUIVRE DANS : URANUS, LE CRISTAL BLEU.



À LA DÉCOUVERTE DE SATURNE

SATURNE, connue depuis l'antiquité et sixième planète du Système solaire en s'éloignant du Soleil, est la deuxième planète géante après Jupiter par sa masse et sa taille. Dans la Grèce antique, la planète prend le nom de Cronos, un des Titans de la mythologie grecque, et, chez les Latins, le nom de Saturne, divinité agraire dans la religion romaine identifiée à Cronos. C'est une planète géante gazeuse, sans surface, constituée majoritairement d'hydrogène et d'hélium. Son atmosphère est parcourue de vents puissants, parallèles à l'équateur, et est le siège de grandes tempêtes qui apparaissent au printemps ou à l'été dans l'hémisphère Nord. Saturne est surtout caractérisée par un système d'anneaux massif et brillant, qui présente une structure complexe et une dynamique très riche. Saturne compte plus d'une centaine de satellites dont Encelade, qui héberge des geysers à sa surface, et Titan, la seule lune du Système solaire dotée d'une atmosphère épaisse et de vastes mers de méthane liquide. La planète possède enfin un champ magnétique intense qui génère une magnétosphère dont la principale source de particules chargées et de molécules proviennent des geysers d'Encelade. Les régions polaires de Saturne sont le siège d'aurores et d'émissions radio intenses et variables.

Dossier préparé par le comité scientifique suivant, composé d'astrophysiciens
et astrophysicienne à l'Observatoire de Paris - Université Paris Sciences et Lettres :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM, Laurent LAMY,
Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.

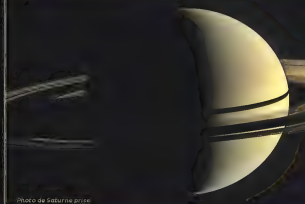


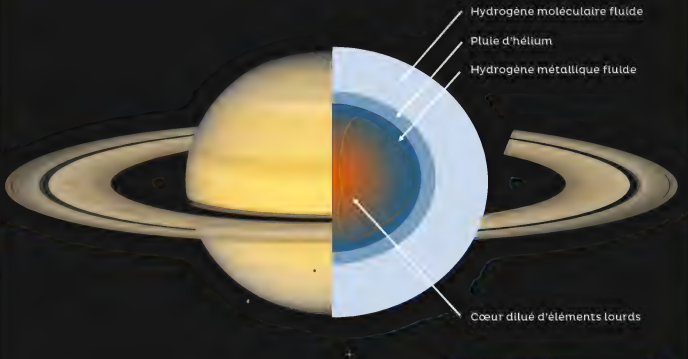
Photo de Saturne prise par la sonde Cassini.
© NASA / ESA

SATURNE - FICHE D'IDENTITÉ

Diamètre équatorial / polaire : 120 536 km / 108 728 km
Masse : 95,2 x Masse Terre
Densité par rapport à l'eau : 0,687
Distance au Soleil : entre 1,348 et 1,507 milliards de km
Distance à la Terre : entre 1,202 et 1,653 milliards de km
Période de rotation : 10 h 34,5 min
Période de révolution : 29,45 ans
Inclinaison de l'axe de rotation : 26,7°
Pesanteur à l'équateur / aux pôles : 0,90 g / 1,24 g
Nombre de satellites naturels : 146 (au 01/07/2023)

g = accélération moyenne de la pesanteur terrestre = 9,807 m/s²

STRUCTURE INTERNE DE SATURNE

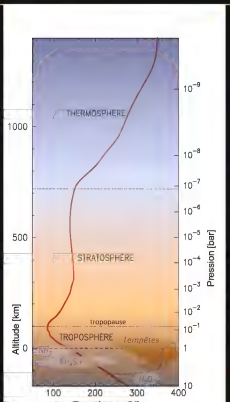


Modèle de la structure interne de Saturne.
© NASA/JPL/USGS/B. Bézard

Sous le niveau de pression 1 bar, souvent pris comme référence d'altitude, la pression et la température augmentent continûment avec la profondeur pour atteindre au moins 10 mégabars (10 millions de fois la pression atmosphérique à la surface de la Terre) et 10 000°C au centre de la planète. L'enveloppe externe de la planète, fluide, est principalement constituée de dihydrogène (H_2) et d'hélium (He). À partir de modèles de structure interne, on déduit l'existence d'une transition de phase dans une zone de pression de 1 à 4 mégabars, où le dihydrogène se convertit peu à peu en hydrogène métallique (ions H^+ et électrons), liquide et conducteur. Dans cette région, l'hélium n'est plus miscible dans l'hydrogène et tombe alors en pluie vers l'intérieur. Ce processus libère de l'énergie gravitationnelle, convertie en chaleur, ce qui explique que Saturne émette 1,8 fois plus d'énergie qu'elle n'en absorbe du Soleil. Plus profondément, se trouve un cœur plus ou moins dilué d'éléments lourds principalement sous forme de roches, de fer et d'eau.

ATMOSPHÈRE DE SATURNE

L'atmosphère de Saturne, planète fluide sans surface solide, est majoritairement composée de dihydrogène (environ 90%) et d'hélium (environ 9,5%), avec des traces de méthane (0,45%), d'ammoniac (0,05%) et d'autres gaz en moindre abondance. Située à près de 10 unités astronomiques du Soleil, Saturne est un monde plus froid que Jupiter. La température y atteint un minimum de -188°C à la tropopause, située vers le niveau de pression 0,1 bar. Dans la troposphère, les nuages sont situés à plus grande profondeur que dans Jupiter : vers 20 bars pour le nuage d'eau, 5 bars pour le nuage d'hydrosulfure d'ammonium (NH_4SH) et 1,5 bar pour le nuage d'ammoniac. Ce dernier est surmonté d'une brume assez épaisse, s'étendant jusqu'à la tropopause, qui réduit la visibilité des structures nuageuses.
Dans la haute atmosphère (stratosphère et thermosphère), on trouve des traces d'hydrocarbures produits à partir de la dissociation du méthane par le rayonnement ultraviolet du Soleil, ainsi que des composés oxygénés issus d'un flux de particules glacées en provenance des anneaux, des satellites glacés, de micrométéorites et de chutes de comètes.



Profil de température moyen (en K = °C +273) de l'atmosphère de Saturne en fonction de l'altitude et de la pression.

© N. Biver

DYNAMIQUE ATMOSPHÉRIQUE

Sur Saturne, la circulation générale se fait, comme sur Jupiter, par des courants-jets parallèles à l'équateur et alternativement dirigés vers l'est et vers l'ouest selon la latitude. Dans la région équatoriale, la vitesse du vent atteint 1500 km/h. Cette circulation s'étend jusqu'à environ 9000 km de profondeur (0,1 mégabar).
Saturne présente une grande variété de structures dynamiques – tourbillons, ondes atmosphériques, mouvements turbulents et tempêtes – mais un phénomène unique dans le Système solaire est la présence d'une structure en forme d'hexagone, quasi stationnaire en longitude, et située vers 77°N de latitude. Il coïncide avec un fort courant-jet où les vents approchent 500 km/h. Chacun des pôles héberge un intense vortex cyclonique. L'œil de ces cyclones, sombre et s'étendant sur près de 3000 km, est entouré d'un «mur» de nuages brillants culminant vers la tropopause. Une forte descente d'air a lieu au cœur des vortex polaires.

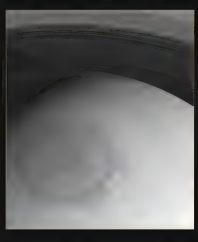
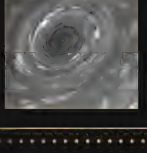


Image du pôle Nord de Saturne et de son hexagone enregistrée par la sonde Cassini le 23 juillet 2013 en lumière infrarouge proche.
© NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

LES GRANDES TEMPÊTES

De grandes tempêtes se manifestent en moyenne une fois par année saturnienne (1876, 1903, 1933, 1960, 1991, 2011) sous forme de grands panaches clairs qui entourent toute la planète aux latitudes tempérées de l'hémisphère Nord en quelques semaines. Elles prennent naissance dans les nuages de glace d'eau, les colonnes d'air humide montant par convection jusqu'à 50 km environ (0,3 bar), bien au-dessus des différentes couches nuageuses. Ces tempêtes produisent des éclairs d'orages très nombreux et intenses.



Vortex au pôle Nord de Saturne, au cœur de l'hexagone (visible sur l'image de gauche), image en infrarouge proche par la sonde Cassini le 14 juin 2013.
© NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

Image de la grande tempête de Saturne prise par la sonde Cassini le 25 février 2011, douze semaines après son apparition.
© NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

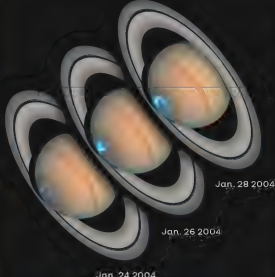
MAGNÉTOSPHÈRE DE SATURNE

La magnétosphère de Saturne, cette bulle où le champ magnétique de la planète domine le champ magnétique interplanétaire, est la deuxième plus étendue du Système solaire, après celle de Jupiter. Ce champ magnétique est formé par les mouvements convectifs dans l'intérieur de Saturne où l'hydrogène est sous forme métallique, fluide et conducteur. Cas unique dans le système solaire, il est quasiment dipolaire, comme celui d'un aimant, et aligné avec l'axe de rotation de la planète.
En direction du Soleil, la pression du vent solaire sur la magnétosphère de Saturne crée une onde de choc (ou choc d'étrave) en amont de la magnétopause, qui délimite la magnétosphère. Celle-ci s'étend d'environ 24 rayons saturniens côté jour à plus de 100 rayons saturniens côté nuit.

Vue d'artiste de la magnétosphère de Saturne dans le champ magnétique interplanétaire. En direction du Soleil, la magnétosphère est comprimée par la pression du vent solaire alors que dans la direction opposée, la magnétosphère peut s'étendre à de très grandes distances.

Image adaptée du livre «Saturn in the 21th century», Cambridge University Press / B. Bézard

La matière neutre qui se trouve dans la magnétosphère de Saturne provient principalement des geysers d'Encelade découverts par la mission Cassini et qui émettent plusieurs centaines de kilogrammes de gaz et de glace d'eau par seconde. Ces particules produisent un tore neutre qui englobe l'orbite d'Encelade. Leur ionisation par le rayonnement solaire et les collisions est la source principale de plasma (particules chargées électriquement) de la magnétosphère. Celui-ci se concentre par force centrifuge le long d'un disque dans le plan équatorial de Saturne. Les électrons et les ions qui peuplent la magnétosphère sont piégés par les lignes de champ magnétique le long desquelles ils se déplacent en hélice. À l'extérieur de l'anneau F, la partie la plus interne de la magnétosphère héberge les ceintures de radiation qui contiennent des particules très énergétiques.



Aurores polaires de Saturne observées en UV par le télescope spatial Hubble en janvier 2004. Les aurores sont très variables d'un jour à l'autre.

© NASA/ESA/G. Clarke

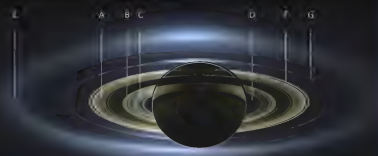
Comme sur Terre, des aurores apparaissent sur Saturne lorsque les électrons de moyenne énergie entrent en collision avec la haute atmosphère qui relâche alors le surplus d'énergie en émettant de la lumière dans les domaines ultraviolet, visible et infrarouge. Les principales aurores ont une forme circulaire ou spirale encerclant chaque pôle, sont situées de 70° à 80° de latitude et correspondent à des lignes de champ magnétique reliées au disque de plasma équatorial entre 12 et 15 rayons planétaires.

L'activité aurorale est à la fois très sensible au vent solaire (comme sur Terre) et à la rotation rapide de la planète (comme sur Jupiter). Elle peut ainsi varier fortement sur des échelles de temps allant de la minute à quelques jours. L'interaction magnétique entre Saturne et Encelade, deuxième système connu à héberger des interactions planète-satellite après Jupiter, est une autre source d'aurores.

Les émissions radio aurorales planétaires sont modulées par la rotation du champ magnétique et permettent ainsi de mesurer la période de rotation de l'intérieur planétaire. Pour Saturne, la sonde Voyager avait mesuré une période radio de 10 h 39,5 m. Cassini a révélé deux périodes radio (une pour chaque hémisphère) variant avec le temps entre 10 h 30 m et 10 h 50 m, incompatibles avec une période constante unique. Une autre méthode, fondée sur l'effet de la gravité planétaire sur les anneaux a permis d'aboutir à une période de 10 h 34,5 m.

LES ANNEAUX DE SATURNE

Saturne possède 7 anneaux principaux nommés de A à G en fonction de leur date de découverte, de 1610 aux années 1980. Ils sont constitués de multitudes d'agrégats de particules dont la taille varie de quelques micromètres à quelques dizaines de mètres. Ces particules sont très poreuses et composées de glace d'eau presque pure à environ 93%, c'est pour cela qu'ils sont si brillants. La masse totale des anneaux atteint environ 40% de la masse du satellite Mimas.



Mosaïque d'images, au contraste renforcé, prises par la sonde Cassini dans l'ombre de Saturne et montrant les anneaux A à G rétro-éclairés. La lumière visible sur le disque de Saturne a été diffusée vers la planète par des parties des anneaux directement éclairées par le Soleil. Dans cette géométrie, les anneaux D, E et G, très ténus et composés de petites particules, sont bien visibles. © NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/B. Bézard

Les anneaux ne sont pas des disques homogènes, ils sont en fait formés de milliers d'anneaux plus fins révélés sur les images des sondes Voyager et Cassini. Le diamètre externe de l'anneau E est légèrement supérieur à la distance Terre-Lune. Les anneaux sont extrêmement fins, l'épaisseur des anneaux les plus brillants (A et B) ne dépassant pas 50 mètres. Comparativement à leur étendue, les anneaux de Saturne constituent la structure la plus fine du Système solaire.
Les interactions gravitationnelles complexes entre les lunes de Saturne et ces particules ouvrent des sillons peu denses et sont à l'origine d'ondes en forme de spirale ou de tôle ondulée dans les anneaux.

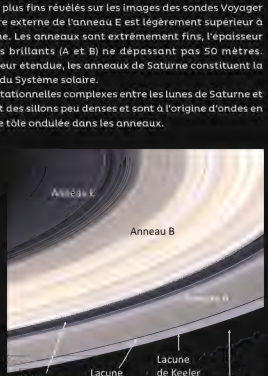


Image composite des anneaux de Saturne en couleurs naturelles enregistrée le 21 juin 2004 par la sonde Cassini. Les différences subtiles de couleur qu'on peut distinguer reflètent probablement différents niveaux de contamination de la glace d'eau qui compose les anneaux.
© NASA/JPL/Space Science Institute/B. Bézard

En s'éloignant de la planète, on croise d'abord **les anneaux D et C**, très ténus, s'étalant sur 27000 km de largeur. Le bord interne de l'anneau D est situé à seulement 7000 km au-dessus des nuages de Saturne. À la fin de sa mission, la sonde Cassini, en passant à plusieurs reprises entre le bord de l'anneau D et Saturne, a révélé que de la matière de l'anneau D tombait vers Saturne.

L'anneau B, le plus dense de tous et s'étalant sur 25 000 km, possède une structure complexe, très dynamique. Autour des équinoxes, de grandes régions sombres (appelées « spokes ») apparaissent et disparaissent rapidement tout en se propageant le long de l'anneau en quelques heures. Ces structures sombres seraient liées à la présence de petites poussières chargées soulevées par les forces électrostatiques au-dessus du plan des anneaux.

La division de Cassini, qui sépare les anneaux B et A sur 5000 km, n'est pas une zone vide. Elle aussi possède des annelets relativement sombres. C'est la résonance 2:1 avec la lune Mimas située à 70 000 km de distance qui est responsable de ce sillon.

Le satellite Daphnis, observé en janvier 2017 par la caméra de Cassini, orbite dans la lacune de Keeler et crée des ondulations de matière horizontales et verticales sur ses bords.
© NASA/JPL-Caltech/SSI

L'anneau E, observé ici en septembre 2006 par la caméra de Cassini, est alimenté par les geysers du pôle Sud de la lune Encelade, visible au milieu de l'image.
© NASA/JPL/SSI

Plus loin, se situe **le fin anneau F**, de seulement 1 500 km de large, encerclé par les deux petites lunes Prométhée et Pandore qui génèrent des ondes dans cet anneau.

Enfin, le dernier anneau principal est **l'anneau E**. C'est un disque très ténu de particules micrométriques qui s'étire sur 1 million de kilomètres. Il est alimenté constamment par de la glace d'eau en provenance des geysers d'Encelade.

Bien au-delà de ces anneaux principaux, il existe un anneau externe bien plus grand, situé entre 6 et 16 millions de kilomètres de Saturne. C'est **l'anneau de Phœbé**, sombre, qui est alimenté en particules micrométriques en provenance de la lune éponyme.

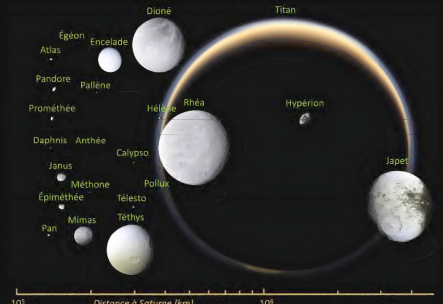
SYSTÈME SOLAIRE

LES SATELLITES DE SATURNE

Montage montrant les 23 satellites internes de Saturne photographiés par la sonde Cassini, à l'échelle en taille, en fonction de leur distance au centre de Saturne (échelle horizontale sous la figure).

Les 123 autres satellites (lointains) circulent sur des orbites inclinées, excentriques, entre 10 et 31 millions de km de distance.

Ce sont toutes des lunes de glace et certaines d'entre elles possèdent un océan liquide sous leur surface, leur intérieur étant chauffé par les frictions internes dues aux forces de marées de Saturne.



L'OCÉAN CACHÉ DE MIMAS

La petite lune Mimas, avec son diamètre d'environ 400 km, est marquée par un gigantesque cratère de 130 km de diamètre et profond de 11 km. Totalement cratérisée, la surface ne présente aucun signe d'activité géologique. Et pourtant, à une vingtaine de kilomètres de profondeur se cache un océan global d'eau liquide qui serait âgé de moins de 15 millions d'années. Il a été révélé grâce aux observations de la sonde Cassini et à l'étude des caractéristiques fines de l'orbite de Mimas et des oscillations de sa rotation qui n'est pas tout à fait synchrone. Mimas est ainsi le plus petit satellite du Système solaire à posséder un océan interne.

Mimas observé par la sonde Cassini à 185 000 km de distance, en octobre 2016.
©NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

HYPÉRION, L'IRRÉGULIER

Avec son allure d'éponge et ses 360 km de long, Hypérion est un des plus gros satellites du Système solaire à avoir une forme irrégulière. Contrairement aux lunes voisines, sa rotation n'est pas synchrone, mais totalement chaotique. Il a une taille intermédiaire entre celle des satellites Phœbé et Mimas mais il est trois fois moins dense (sa densité n'est que de 0,54). Comme il est composé principalement de glace d'eau, cette faible densité s'explique par une très grande porosité de son intérieur. Hypérion pourrait être un ancien fragment d'astéroïde ou de comète capturé par Saturne.

Hypérion observé par la sonde Cassini à 33 000 km de distance en septembre 2005.
©NASA/JPL/Space Science Institute

LE CÔTÉ OBSCUR DE JAPET

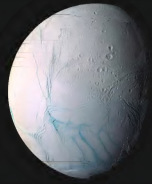
Avec un diamètre moyen de 1 470 km, Japet est le 3e satellite de Saturne en taille. Il orbite à 3,5 millions de km de la planète et sa période de révolution d'environ 80 jours est égale à sa période de rotation. Il présente donc toujours la même face à Saturne.
Japet est intriguant pour deux raisons. Tout d'abord, à l'équateur, se trouve un bourrelet de montagnes de 1 300 km de long et 13 km de haut dont l'origine reste débattue.
Sa seconde particularité est l'aspect très sombre de sa face avant (dans le sens du mouvement orbital), et celui très clair de sa face arrière. Ce sont les poussières du gigantesque anneau de Phœbé récoltées par la face avant de Japet le long de son orbite qui assombrirainet sa surface. Cette dernière est alors plus chauffée par le rayonnement solaire et la glace qui s'y sublime se redépose sur les pôles et sur la face plus claire moins chauffée. Ce phénomène accentue ainsi le contraste entre les deux faces de Japet.

Les deux faces de Japet vues par la sonde Cassini en septembre 2007 (face arrière claire, à gauche) et janvier 2005 (face avant sombre, à droite). Le bourrelet équatorial est clairement visible sur l'image de droite.
©NASA/JPL/Space Science Institute

LES PANACHES D'ENCELADE

Encelade, dont le diamètre atteint 500 km, est à peine plus gros que Mimas. Tous deux possèdent un océan d'eau liquide global interne situé à une profondeur d'une vingtaine de kilomètres sous leur croûte de glace, mais leur aspect extérieur est très différent. Contrairement à Mimas, la surface d'Encelade est peu cratérisée et est recouverte d'une sorte de neige fraîche qui retombe des immenses panaches de glace d'eau s'échappant de quatre grandes failles tectoniques présentes au pôle Sud. Cette neige en surface fait de lui l'objet le plus brillant du Système solaire.

Au pôle Sud, l'océan est situé à seulement 5 km de profondeur et l'eau peut se frayer un chemin à travers la croûte de glace jusqu'à la surface et s'échapper vers l'espace. Environ 10% de la matière éjectée par ces panaches s'échappe d'Encelade et alimente l'anneau E de Saturne. En plus d'eau et de sels, des molécules organiques, du dihydrogène et de la silice ont été détectés dans ces geysers par la sonde Cassini. Ceci laisse penser que le plancher de l'océan interne est en contact direct avec le noyau rocheux et qu'il pourrait y exister des sources hydrothermales. Encelade constitue ainsi une cible priviligiée pour l'étude des conditions d'habitabilité, c'est-à-dire celles qui pourraient être favorables à l'apparition et au maintien de la vie dans le Système solaire.



Encelade vu par la caméra de Cassini le 14/07/2005. Les failles au pôle Sud apparaissent en bleu sur cette image en fausses couleurs.
© NASA/JPL/Space Science Institute

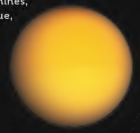
Geysers d'Encelade vus par la caméra de Cassini le 30/11/2010.
©NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

TITAN, SES MERS ET SON ATMOSPHÈRE

Avec ses 5 150 km de diamètre, Titan est plus gros que Mercure. Il est le seul objet du Système solaire avec la Terre à posséder une atmosphère dense composée principalement de diazote (N_2). La pression atmosphérique à sa surface est de 1,5 fois celle sur Terre. Mais comme Titan est situé 10 fois plus loin du Soleil que ne l'est la Terre, la température à la surface de Titan ne dépasse pas -180°C. Dans ces conditions de pression et de température, le méthane (CH_4) qui est le deuxième composé atmosphérique le plus abondant peut se trouver sous forme liquide et gazeuse.

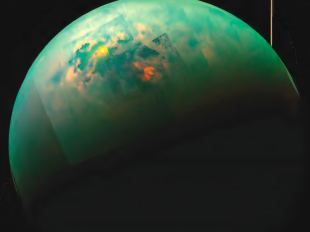
Titan a une autre particularité qu'il partage avec la Terre : de grandes étendues liquides sont présentes à sa surface. Les plus grandes mers, situées proches du pôle Nord, sont profondes d'une centaine de mètres et contiennent principalement du méthane liquide. Dans la région équatoriale en revanche, on trouve de grands déserts constitués d'immenses champs de dunes similaires à ceux du désert du Namib sur Terre mais d'une composition très différente.

La chimie qui a lieu au sein de l'atmosphère de Titan est la plus complexe du Système solaire. Elle est initiée par la dissociation du diazote et du méthane par les photons ultraviolets du Soleil et les particules qui peuplent la magnétosphère de Saturne. Les espèces chimiques issues de cette dissociation s'associent facilement pour former des molécules de plus en plus complexes jusqu'à produire des aérosols qui finissent par tomber à la surface. Ce sont ces aérosols qui donnent sa couleur jaune dorée à l'atmosphère de Titan et qui forment ses dunes. Cette chimie intéresse particulièrement les scientifiques puisqu'elle pourrait mener à la formation de molécules, comme les acides aminés, intéressantes pour l'étude de la chimie pré-biotique, c'est-à-dire celle qui précède l'apparition de la vie.



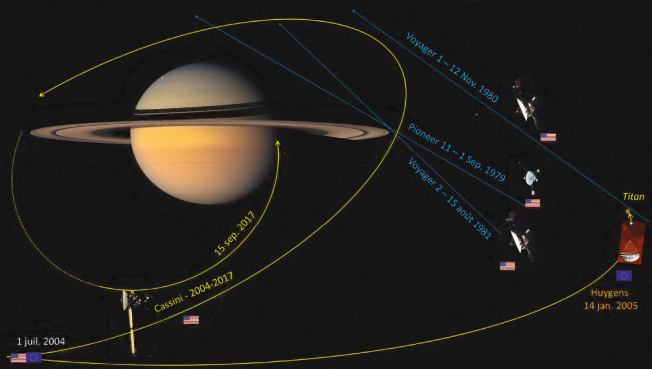
Titan vu par la sonde Cassini en 2009. L'image, en couleurs naturelles, a été produite à partir d'images prises dans différents filtres de la caméra de la sonde.
© NASA/JPL/Space Science Institute

En infrarouge proche, les photons solaires traversent l'épaisse atmosphère de Titan et atteignent la surface. C'est ce que nous voyons ici sur cette image en fausses couleurs prise en août 2014 par la caméra infrarouge de Cassini au-dessus du pôle Nord. Le côté jour est en haut de l'image.
La tache jaune brillante en haut à gauche est le reflet du Soleil sur la mer de méthane liquide qui apparaît comme une région foncée. La forme en trident plus à droite en orange est un nuage.
© NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/University of Idaho



L'EXPLORATION DE SATURNE ET DE TITAN

Les missions de survol de Saturne (flèches bleues, ordonnées par distance de survol) et la mission orbitale Cassini, symbolisée par des flèches jaunes. © N. Bluer.



Dans les années 1980, Saturne a été survolée par 3 missions d'exploration planétaire de la NASA. C'est d'abord Pioneer 11 qui passe à 21 000 km au-dessus des nuages de Saturne en septembre 1979, à une vitesse de 30 km/s. Au grand soulagement des équipes de la NASA, la sonde traverse le plan des anneaux, au-delà de l'anneau A, sans encombre.

Puis vient le survol de la sonde Voyager 1 en novembre 1980 avec Titan comme premier grand rendez-vous. Mais c'est alors la déception car les images en lumière visible ne permettent pas de percer l'épaisse atmosphère, ne laissant rien entrevoir de sa surface. En revanche, le spectromètre infrarouge à bord révèle la présence d'une chimie atmosphérique complexe dans son atmosphère. L'instrument radio découvre l'émission aurorale et les éclairs d'orages atmosphériques.
Presque un an plus tard, Voyager 2 explore les hautes latitudes nord de Saturne et permet entre autres une étude détaillée des anneaux.

Les résultats de ces premiers survols ont soulevé tellement de questions scientifiques nouvelles qu'il a été décidé qu'une mission spatiale d'envergure d'exploration du système de Saturne serait lancée conjointement entre la NASA et l'ESA.
La mission Cassini-Huygens est mise en orbite dans le système de Saturne en juillet 2004 et la sonde de descente Huygens pénètre dans l'atmosphère de Titan en janvier 2005. Cette mission aura scruté Saturne, ses anneaux et ses lunes pendant 13 années avant d'être détruite volontairement dans un plongeon dans l'atmosphère de Saturne en septembre 2017.

Titan sera de nouveau exploré en 2034 grâce à un drone de la NASA, la mission Dragonfly, qui aura pour objectif l'étude de la composition et des conditions chimiques régnant à la surface de Titan.

Encelade, dont la composition de l'océan interne est directement accessible via ses immenses geysers, sera visitée dans les années 2050 par une mission spatiale de l'ESA.

LEXIQUE

– Ceintures de radiations :
Région de l'espace concentrant des particules chargées piégées par le champ magnétique d'une planète, fortement accélérées, et constituant en conséquence des « radiations » potentiellement dangereuses pour les engins spatiaux (comme par exemple, la ceinture de Van Allen entoure la Terre).

– Forces de marée :
Elles résultent des différences de gravité exercées par un corps céleste sur un autre, déformant ainsi la structure de ce dernier. Sur Terre, les marées sont provoquées par la Lune et le Soleil.

– Magnétosphère :
La magnétosphère est une bulle magnétique entourant une planète, formée par son champ magnétique, qui dévie les particules chargées du vent solaire, créant un bouclier et une zone moins peuplée en plasma. Sa frontière externe est la magnétopause. Le vent solaire étant supersonique, un choc d'étrave se forme en amont de la magnétopause.

– Pression (atmosphérique) :
La pression mesure la force exercée sur une surface. Dans le cas de la pression atmosphérique, elle est exercée par les molécules d'air et vaut environ 1 bar à la surface terrestre, soit environ le poids exercé par une masse de 1 kg sur une surface de 1 cm^2. Elle diminue avec l'altitude.

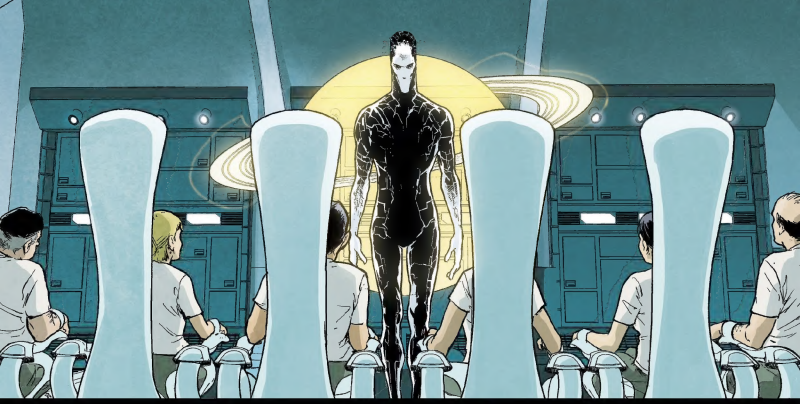
– Résonance orbitale :
Deux corps (deux lunes ou une particule des anneaux et une lune, ou encore deux planètes) sont dits « en résonance » quand le rapport de leurs périodes orbitales peut s'écrire comme un rapport de deux petits nombres entiers. Par exemple, Mimas fait exactement un tour de Saturne pendant qu'une particule au bord externe de l'anneau B fait exactement 2 tours. On dit alors que le bord de l'anneau B est en résonance 2:1 avec Mimas. Ces configurations orbitales particulières permettent un transfert d'énergie et de moment cinétique plus efficace et permettent à des structures de se former (confinement du bord des anneaux, excitation et chauffage, etc).

– ua :
Unité astronomique (149 597 871 km soit la distance moyenne Terre-Soleil).

Malgré nos recherches diligentes, avérées et sérieuses, nous ne sommes pas parvenus à identifier ou retrouver le titulaire des droits de certaines photographies reproduites dans cet ouvrage (article L.113-10 du Code de la Propriété intellectuelle relatif aux œuvres orphelines – « © droits réservés »). Tout titulaire de droits identifiant une de ses œuvres au sein du présent ouvrage est donc cordialement invité à prendre contact avec l'éditeur aux coordonnées susmentionnées.

© 2024 / Glénat bd.
Couvent Sainte-Cécile - 37, rue Servan - 38000 Grenoble.
Tous droits réservés pour tous pays.
Dépôt légal : octobre 2024
ISBN : 978-2-3310-8267-2

Avec le soutien du
CNL
Centre national du livre
www.centrenationaldulivre.fr



SATURNE

À bord d'un vaisseau extraterrestre, une équipe de scientifiques terriens poursuit sa mission exploratoire et approche de Saturne, la planète géante faite de gaz. Malgré la distance de 1,4 milliards de kilomètres, les anneaux sont si immenses qu'on peut les voir de la Terre avec un simple télescope. En y pénétrant, les explorateurs tentent de découvrir ce qui les compose. Comment ont-ils pu se former ? Et s'ils étaient d'un âge beaucoup plus récent qu'on ne le croit ? En effet, la jeune planète Saturne à son commencement n'avait pas d'anneaux... Avec 146 satellites au dernier comptage, les lunes de Saturne peuvent réserver d'étonnantes découvertes. Certaines, sous leur croûte glacée, recèlent des océans d'eau liquide susceptibles d'abriter la vie...

SYSTÈME SOLAIRE

Toutes ces questions et bien d'autres encore trouvent leurs réponses à travers un fabuleux voyage, là où l'être humain n'a jamais posé le pied. Dans le vaisseau de Clarke, prétexte à toutes les explorations, une équipe de scientifiques venus du monde entier découvre tour à tour Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Vénus, Mercure et le Soleil, et en révèlent au mépris du danger et des pièges les plus inattendus, des secrets qui émerveillent. Derrière la fiction et le divertissement dans d'extraordinaires environnements, où chaque planète paraît à notre portée, la supervision précise et exigeante des astronomes à l'Observatoire de Paris permet de tout savoir sur le Système solaire.

ISBN 978-2-344-06059-9
9 782344 060599
CODE PRIX 0154 - 32 5880.8
www.glenat.com